

東京電力福島第一原子力発電所における  
事故の分析に係る検討会  
第29回会合

議事次第

1. 日 時 令和4年4月26日（火）14：00～18：00

2. 場 所 原子力規制委員会 13階A会議室

3. 議 題

(1) ケーブル加熱試験及びスミア試料分析の状況について

- ・日本原子力研究開発機構におけるケーブル加熱試験
- ・東京電力ホールディングス株式会社におけるケーブル加熱試験
- ・日本原子力研究開発機構におけるスミア試料分析状況

(2) 1号機原子炉建屋内調査等の状況について

- ・1号機原子炉建屋4階調査
- ・3号機RHR配管滞留ガス調査関係（福島第一5号機調査）
- ・2号機シールドプラグ変形調査関係（敦賀1号機調査）
- ・PCV内ケーブル調査関係（敦賀1号機調査）

(3) その他

- ・東京電力における1号機PCV内部調査（3月14～16日の作業状況）
- ・ベント後の格納容器負圧に関するATENAの見解

4. 配布資料

資料1-1：BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析結果〔国立研究開発法人日本原子力研究開発機構〕

資料1-2：ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験結果〔東京電力ホールディングス株式会社〕

資料1-3：JAEAにおけるスミヤ試料分析のまとめ〔国立研究開発法人日本原子力研究開発機構〕

資料2：現地調査等の実施状況について（1号機原子炉建屋4階調査、3号機RHR配管滞留ガス調査関係（福島第一5号機）、2号機シールドプラグ変形調査関係（敦賀1号機）、PCV内ケーブル調査関係（敦賀1号機））

資料3：1号機 PCV 内部調査の状況について [技術研究組合国際廃炉研究開発機構  
東京電力ホールディングス株式会社]

資料3-1：1号機原子炉格納容器内部調査時の動画（2022年3月24日 福島第一原子力発電所1号機原子炉格納容器内部調査（ROV-A2）の実施状況（3月14～16日の作業状況） 提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリア・エナジー）

[https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=107299&video\\_uuid=s19dq021](https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=107299&video_uuid=s19dq021)

資料4：ベント後に格納容器が負圧になる可能性について [原子力エネルギー協議会]

# BWR格納容器内有機材料 熱分解生成気体の分析結果

2022年4月26日

日本原子力研究開発機構  
安全研究センター


# 背景と目的

---

---

- 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会にて実施された3号機原子炉建屋の水素爆発時の映像分析結果から、爆発時原子炉建屋内には水素だけではなく、有機化合物を含む可燃性ガスが発生していた可能性が示唆されている。
- 確認のために、可燃性有機ガス発生源、発生する有機ガスの成分や量について知見を得る必要がある。
- BWR格納容器(ドライウエル)内のケーブル、保温材等に使用されている代表的な有機材料を加熱し、熱分解により生成するガスの成分を推定する。

# 分析対象試料

試料番号	材質	用途	写真	構造式
1	難燃性エチレン プロピレンゴム	原子炉容器下部制御・ 計装PNケーブルの 絶縁材		$\left\{ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right\} \left\{ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right\} \left\{ \text{D} \right\}$
2	特殊クロロプレン ゴム	原子炉容器下部制御・ 計装PNケーブルの シース		$\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH} \right]_n$
3	難燃性特殊耐熱 ビニル	高圧動力用 CVケーブルのシース		$\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$
4	ウレタン	保温材		$\text{R} - \text{NH} - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{R}'$

# 分析の流れ

- ▶ **ステップ1: 熱重量測定 (TG) – 示差熱分析 (DTA) – 質量分析 (MS)**
  - ◆ 試料を一定の昇温速度で加熱し、試料の重量変化、熱分解時の吸(発)熱量及び熱分解生成ガスに由来する物質の分子量を連続的に測定・分析
  - ◆ 顕著な熱分解(重量変化)が生じる温度範囲を把握するとともに、熱分解生成ガスの成分を大まかに推定
  
- ▶ **ステップ2: 熱分解ガスクロマトグラフ (GC) – MS**
  - ◆ 試料を所定の温度範囲内で加熱し、熱分解生成ガスの成分を分離した後に、各成分のマスペクトルを取得・分析。ライブラリと比較することで成分を推定  
(主として炭素数4以上の高分子量の有機ガスを対象)
  - ◆ 加熱温度はステップ1の結果に基づいて選定

# TG-DTA-MS分析－分析条件と試料－

## 分析条件

- 試料: 全4試料
- 雰囲気: 窒素
- 温度: 昇温速度10°C/分および20°C/分、最高温度1200°C

## 分析の試料写真

難燃性エチレン  
プロピレンゴム

特殊クロロ  
preneゴム

難燃性特殊  
耐熱ビニル

ウレタン

分析前



分析後



# TG-MS分析結果のまとめ(参考1~4)

## TG分析

試料	重量減少が生じた温度範囲(°C) (太字:重量減少が顕著)			重量減少割合 (%)
難燃性エチレンプロピレンゴム	210~321	321~395	<b>395~500</b>	72
特殊クロロpreneゴム	230~307	<b>307~404</b>	404~527	53
難燃性特殊耐熱ビニル	<b>280~376</b>	376~560	560~800	75
ウレタン	160~246	<b>246~421</b>	421~580	82

昇温速度10°C/分の結果(昇温速度20°C/分の結果もほぼ同様)

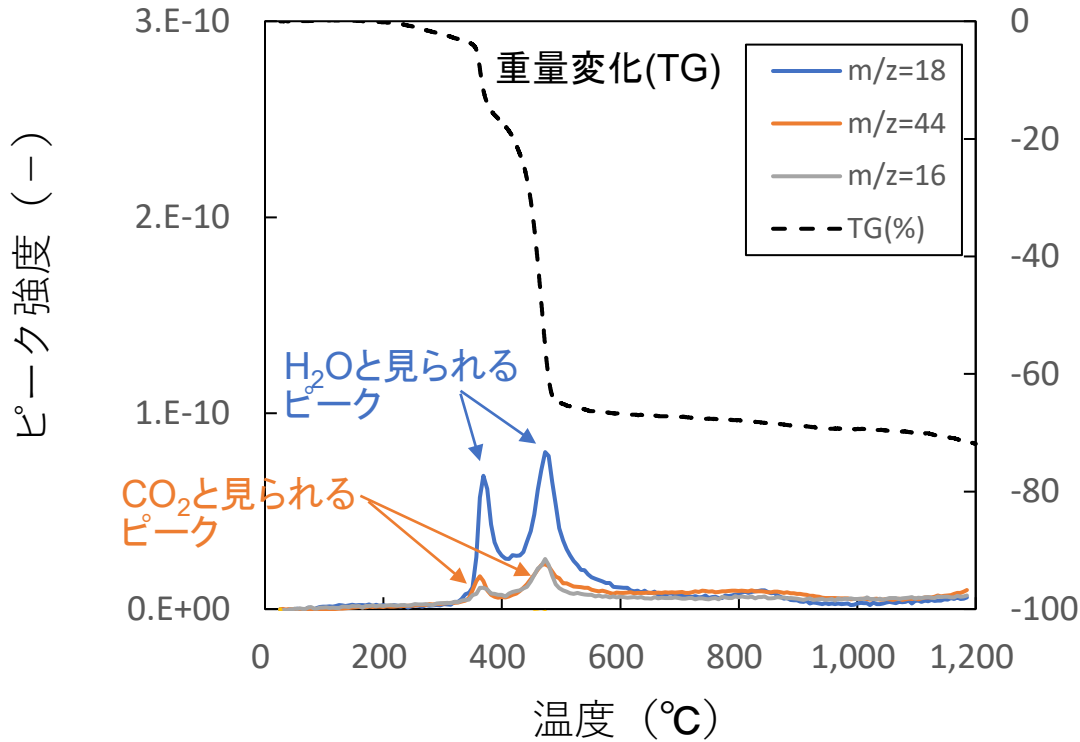
- 存在量の多いウレタン(約8m<sup>3</sup>)\*の重量減少が、比較的低い温度範囲(約200~400°C)で顕著(約70%)

## MS分析

- 全試料において、水と推定される質量数18のピーク強度が顕著
- 難燃性特殊耐熱ビニル及びウレタンにおいて、二酸化炭素と推定される質量数44のピーク強度が質量数18と同程度
- 有機化合物と見られるピークが多数検出されたが、質量数18及び44(難燃性特殊耐熱ビニル及びウレタン)に比べて大幅に低いピーク強度

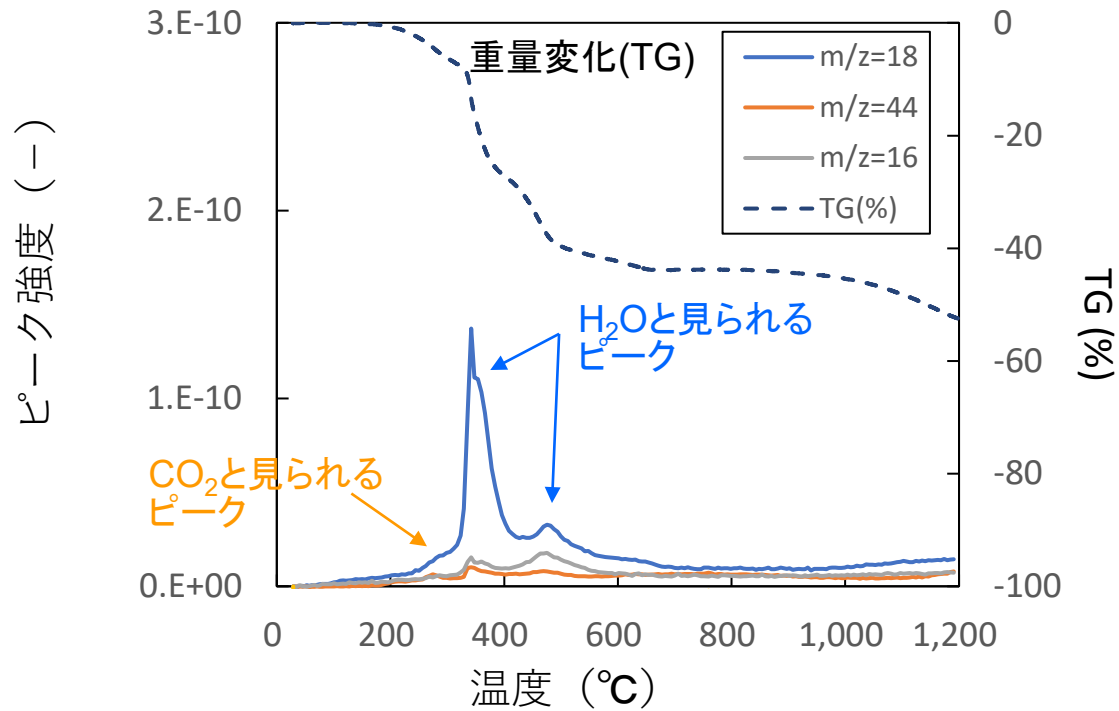


# 難燃性エチレンプロピレンゴム

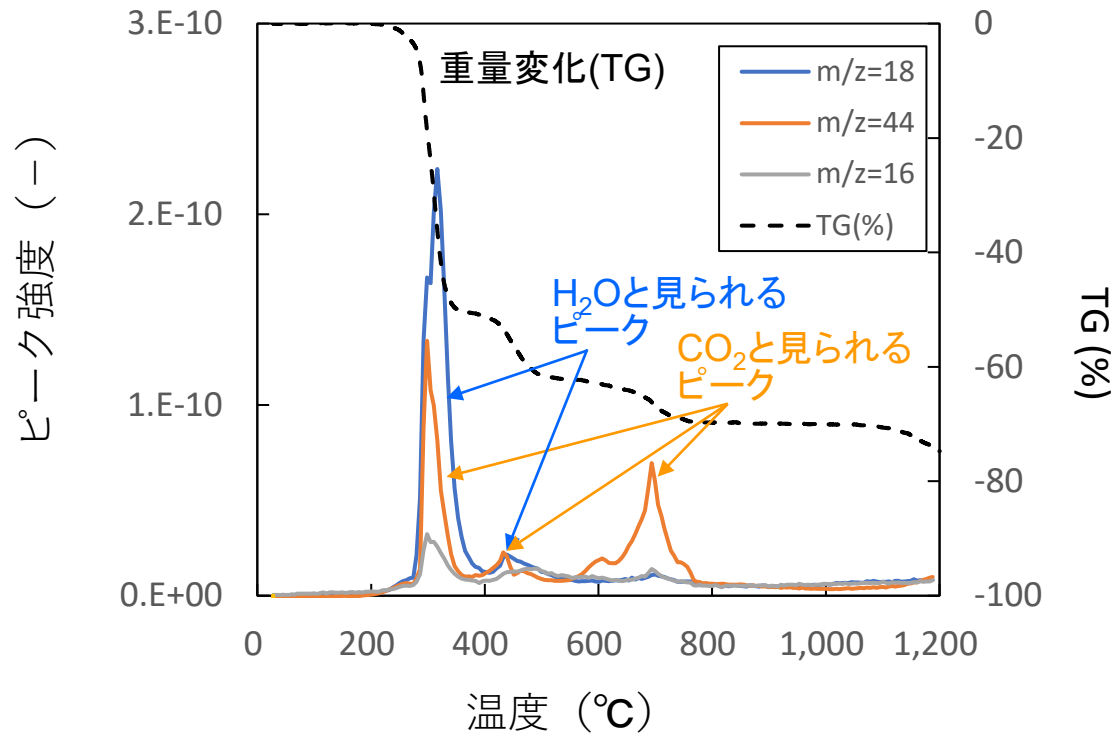


$m/z \div$ 分子量  
 (m:分析時に生成したイオンの質量、  
 z:イオンの電荷(通常1))

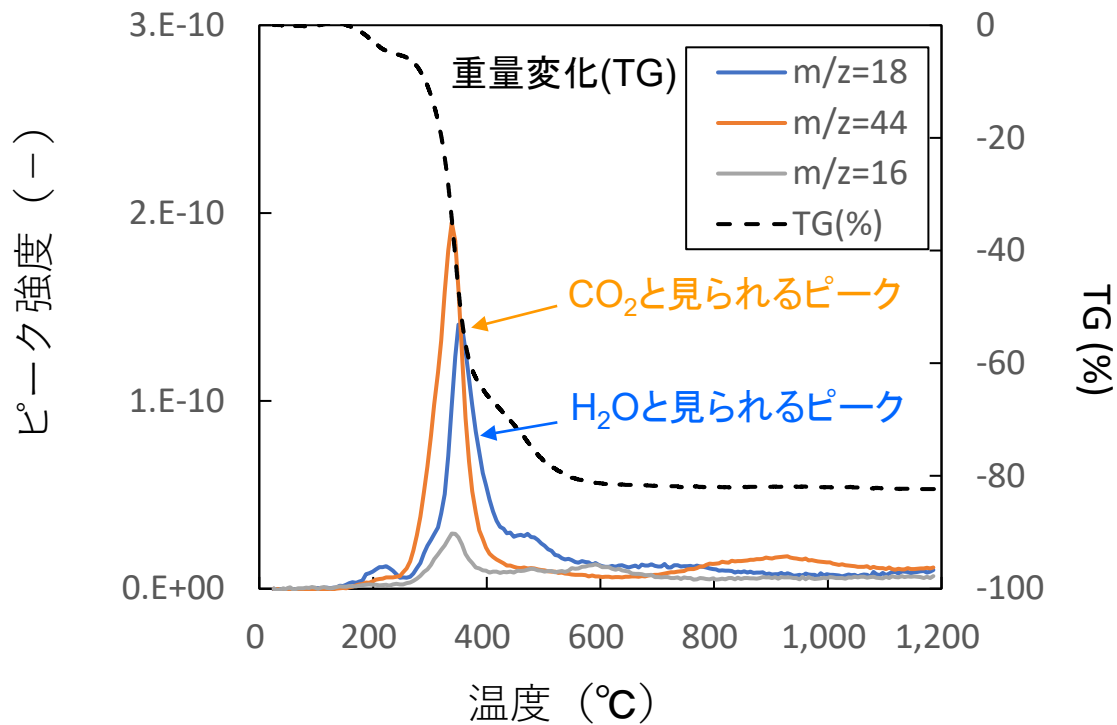
# 特殊クロロpreneゴム



# 難燃性特殊耐熱ビニル



# ウレタン

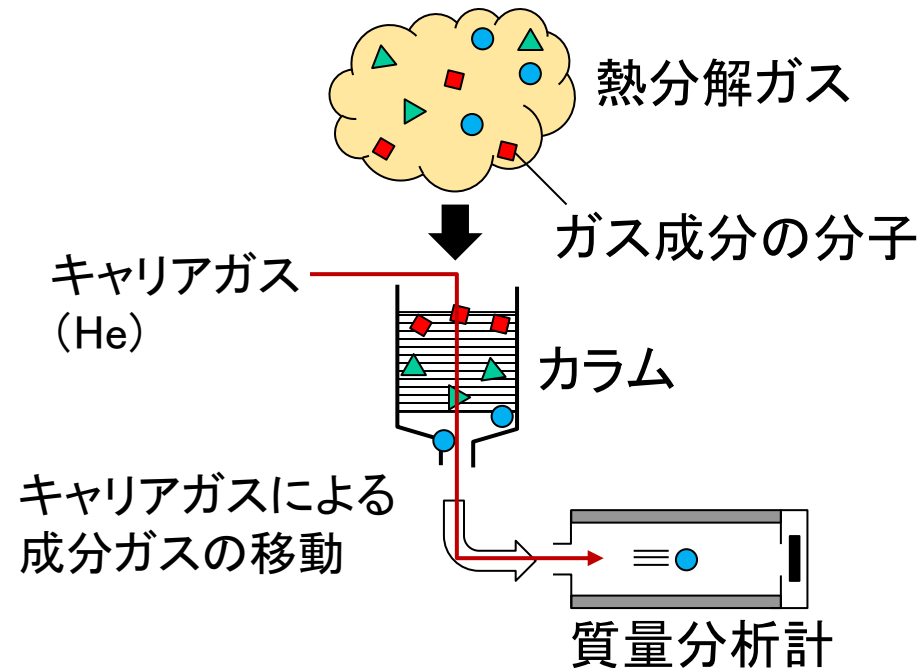


# 熱分解GC-MSによる定性分析

## —分析条件と概要—

### 分析条件

- 熱分解炉雰囲気: 窒素
- 熱分解ガス採取温度:  
(TG分析から得た3つの温度範囲)
- キャリアガス: He
- カラム: DB-5ms UI  
(炭素数4以上の有機化合物を対象)

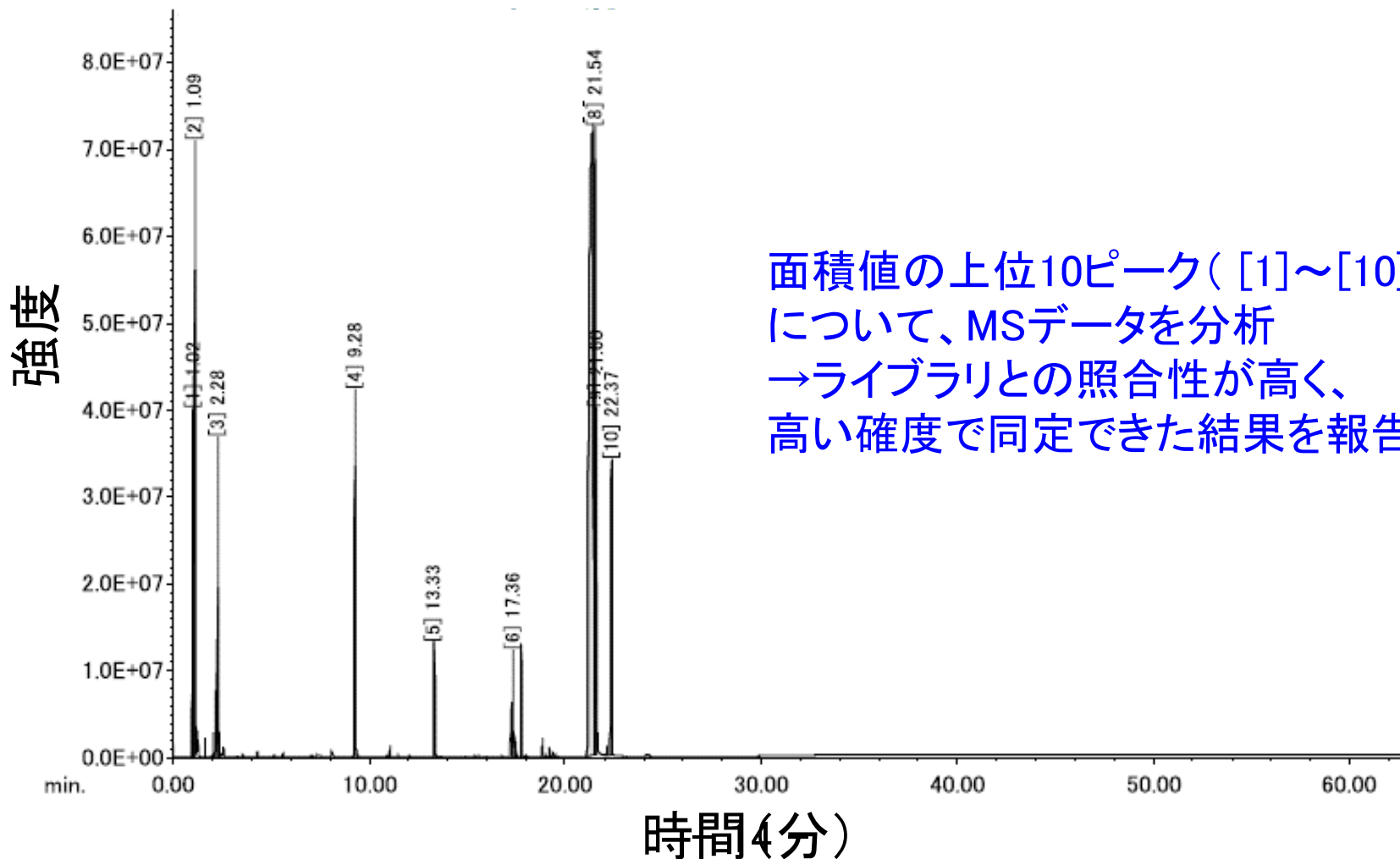


### 分析概要

- 各温度範囲で生成したガスをカラムに導入
- カラム内の移動に要する時間の違いによりガス成分を分離し、質量分析計 (MS) に導入
- MS装置により、ガス成分の質量 (MSデータ) を測定
  - 縦軸を強度、横軸を時間としたクロマトグラムを作図
  - クロマトグラムの各ピークを構成するMSデータを解析し、ライブラリとの照合により、成分の化合物を推定

# クロマトグラムの例 (ウレタン、室温～246°C)

生成ガス成分を時間的に分離

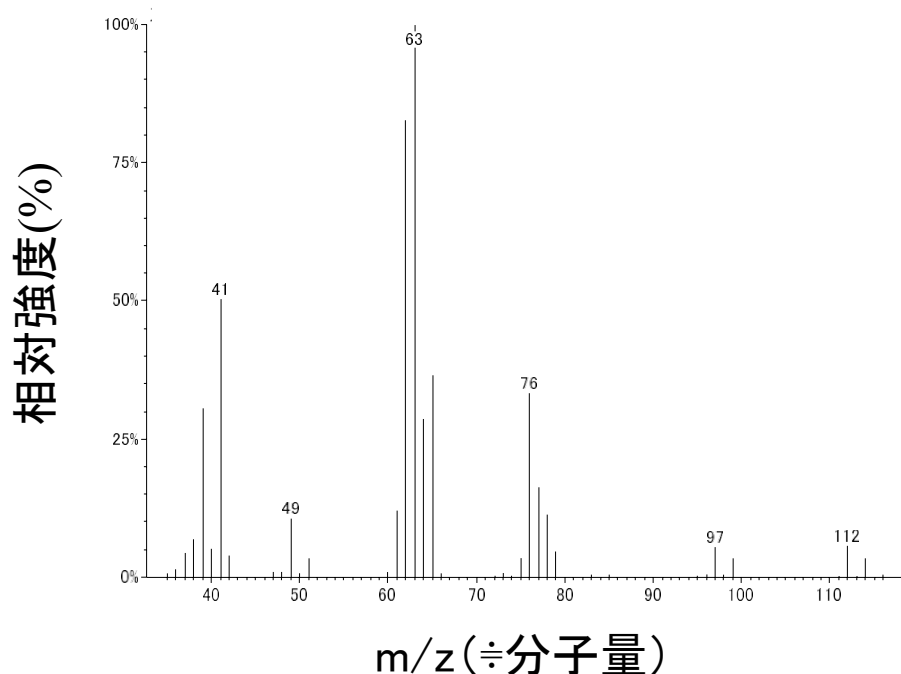


面積値の上位10ピーク ([1]～[10])  
 について、MSデータを分析  
 →ライブラリとの照合性が高く、  
 高い確度で同定できた結果を報告

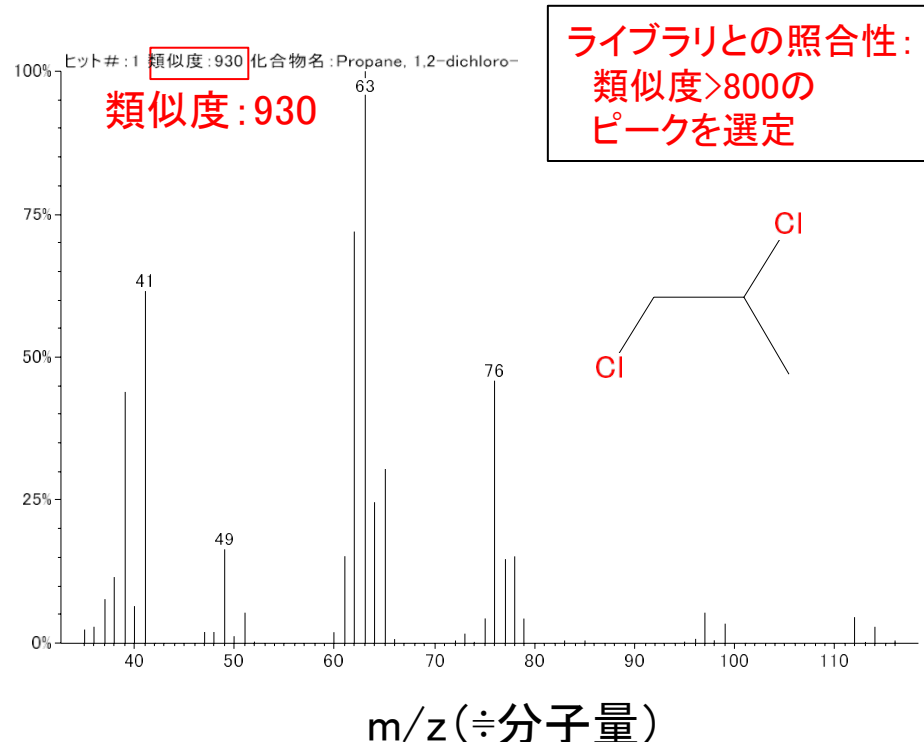
# MSデータ解析結果の例(ウレタン、室温~246°C)

## ピーク[3]として分離された成分の解析結果

MS測定データ



ライブラリデータ(照合結果)



・類似度の最も高い、1,2-ジクロロプロパンと推定。

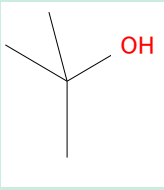
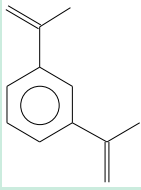
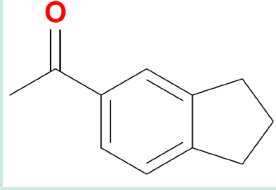
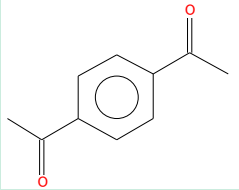
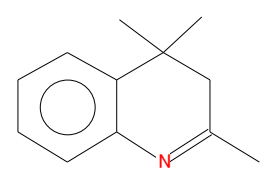
## 熱分解GC-MS分析結果のまとめ(参考5~15)

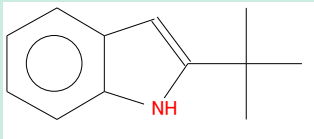
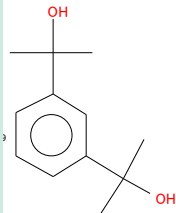
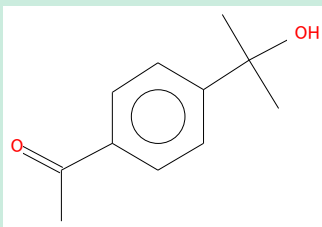
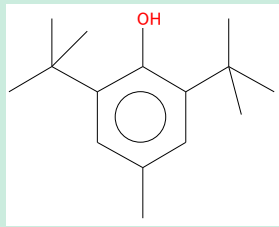
- ピーク面積が大きい上位10成分について既存のライブラリと照合して成分を推定
  - ◆ 炭素数4以上(分子量50程度以上)の物質を対象とした分析であるが、上位成分のほとんどは、**材料由来成分**(例えば、ウレタンの場合はジクロロプロパン、リン酸エステル、アニリン等)を含めた**高分子量の有機化合物**と推定
  - ◆ 既存ライブラリに含まれていないと思われる有機化合物(類似度が低い)を多数検出



# 熱分解GC-MS分析結果

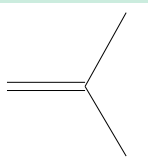
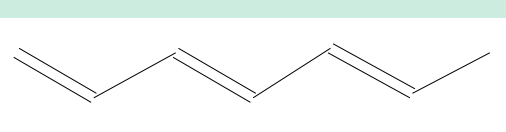
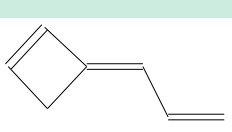
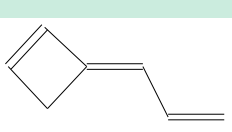
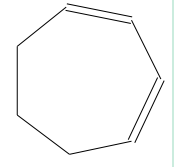
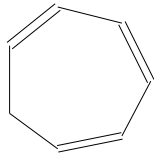
(難燃性エチレンプロピレンゴム; 室温~321°C)

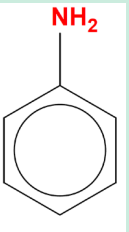
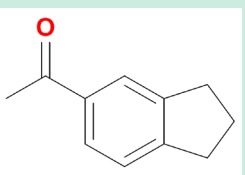
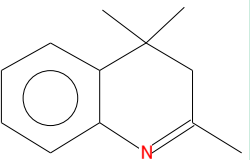
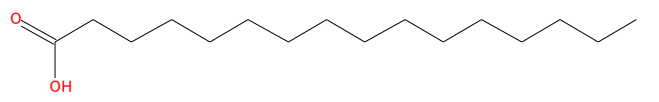
ピーク No.	1	2	3	5	6
推定化合物	tert-ブチルアルコール	1,3-ジイソプロペニルベンゼン	5-アセチルインダン	1,4-ジアセチルベンゼン	2,4,4-トリメチル-3,4-ジヒドロキノリン
類似度	898	915	913	929	855
構造式					

ピーク No.	7	8	9	10
推定化合物	2-tert-ブチル-1H-インドール	メタジオール	4'-(1-ヒドロキシ-1-メチルエチル)アセトフェノン	2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール
類似度	859	897	841	925
構造式				

# 熱分解GC-MS分析結果

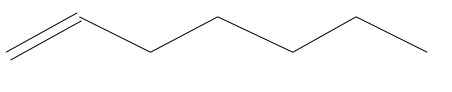
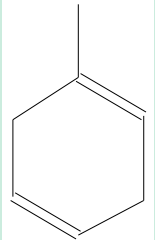
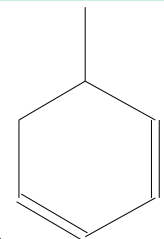
(難燃性エチレンプロピレンゴム; 321~395°C)

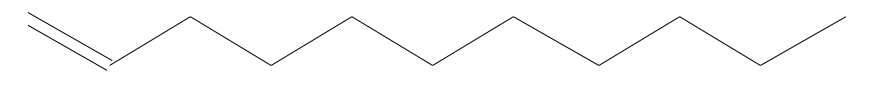
ピーク No.	1	2	3	4	5	6
推定化合物	イソブテン	(3E,5E)-1,3,5-ヘプタトリエン	(3E,5E)-1,3,5-ヘプタトリエン	3-(2-プロペニリデン)シクロブテン	1,3-シクロヘプタジエン	1,3,5-シクロヘプタトリエン
類似度	869	895	903	946	889	845
構造式						

ピーク No.	7	8	9	10
推定化合物	アニリン	5-アセチルインダン	2,4,4-トリメチル-3,4-ジヒドロキノリン	パルミチン酸
類似度	946	907	837	887
構造式				

# 熱分解GC-MS分析結果

(難燃性エチレンプロピレンゴム; 395~500°C)

ピーク No.	4	5	6
推定化合物	1-ヘプテン	1-メチル-1,4-シクロヘキサジエン	1-メチルシクロヘキサ-2,4-ジエン
類似度	906	887	881
構造式			

ピーク No.	10
推定化合物	1-ウンデセン
類似度	891
構造式	

# まとめ

- 難燃性エチレンプロピレングム、難燃性特殊耐熱ビニル及びウレタンにおいて熱分解による重量減少が大きいことをTG分析により確認した。特に、存在量の大きいウレタン(約8m<sup>3</sup>)が比較的低い温度範囲において大きな重量減少を示し、潜在的な熱分解ガス生成源として重要度が高いことが示唆された。
- TG-MS分析により、幅広い分子量の有機化合物が生成され得ると推定されたが、無機ガス成分(H<sub>2</sub>O等)に比べると、個々の生成量は低いと考えられる。
- 熱分解GC-MS分析から、熱分解ガスには高分子量の有機化合物が含まれると推定された。
- TG-MS及び熱分解GC-MS分析の結果を総合的に評価すると、生成された有機化合物の分子中に含まれる炭素を合算すると有意な量になると推定でき、原子炉建屋内水素爆発時における有色火炎の生成要因になり得ると考えられる。

## 今後の計画

- 定量性の高い分析手法を検討し、実機格納容器の雰囲気に近い条件で分析を進める。
  - ◆ 成分に応じた分離カラムと検出器(無機成分、低分子量有機成分、総有機炭素量等)
  - ◆ より酸化性の高い雰囲気

# 熱分解GC-MS分析結果

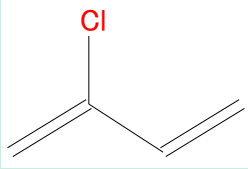
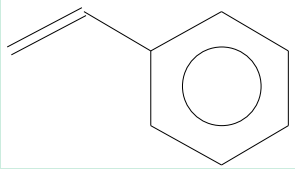
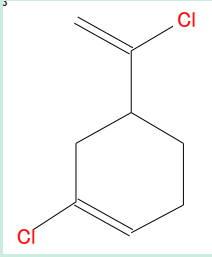
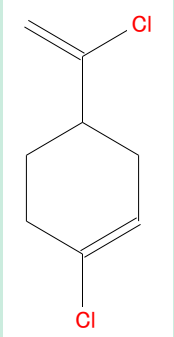
(特殊クロロブレンゴム; 室温~307°C)

ピーク No.	3	4	5	6
推定化合物	ジブチルアミン	1-クロロ-4-(1-クロロエチル)シクロヘキセン	N,N-ジブチルホルムアミド	1-クロロウンデカン
類似度	899	931	931	888
構造式				

ピーク No.	7	8	9
推定化合物	4'-(1-ヒドロキシ-1-メチルエチル)アセトフェノン	2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール	4b,8-ジメチル-2-イソプロピルフェナントレン, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-オクタヒドロ-
類似度	836	941	829
構造式			

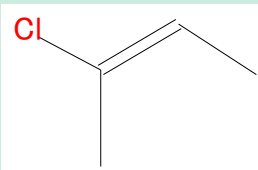
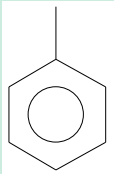
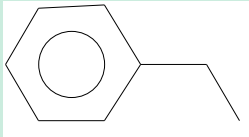
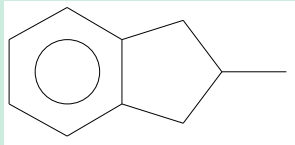
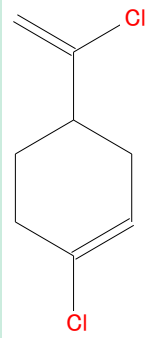
# 熱分解GC-MS分析結果

## (特殊クロロプレングム; 307~404°C)

ピーク No.	2	3	4	5
推定化合物	クロロプレン	スチレン	2-クロロ-4-(1-クロロエテニル)シクロヘキセン	1-クロロ-4-(1-クロロエテニル)シクロヘキセン
類似度	847	944	933	930
構造式				

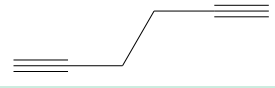
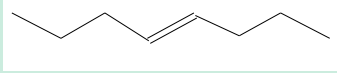
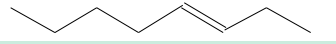
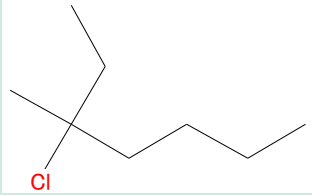
# 熱分解GC-MS分析結果

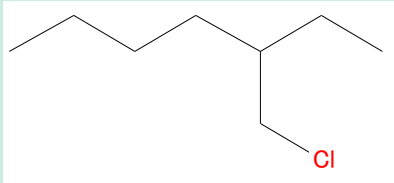
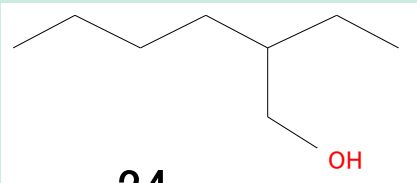
## (特殊クロロプレングム; 404~527°C)

ピーク No.	4	5	6	9	10
推定化合物	2-クロロ-2-ブテン	トルエン	エチルベンゼン	2-メチルインダン	1-クロロ-4-(1-クロロエテニル)シクロヘキセン
類似度	838	900	881	807	880
構造式					

# 熱分解GC-MS分析結果

(難燃性特殊耐熱ビニル; 室温~376°C)


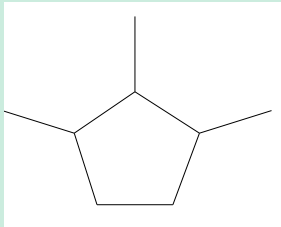
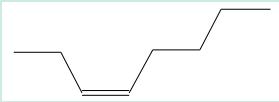
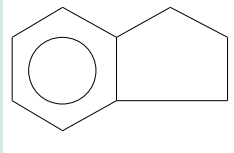
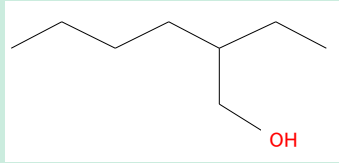
ピーク No.	1	3	4	5	6
推定化合物	1,5-ヘキサジイン	(E)-4-オクテン	(E)-3-オクテン	3-クロロ-3-メチル-ヘプタン	
類似度	851	904	876	821	805
構造式					

ピーク No.	7	8	9
推定化合物	3-クロロメチルヘプタン	2-エチル-1-ヘキサノール	
類似度	850	878	821
構造式			



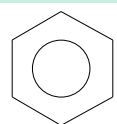
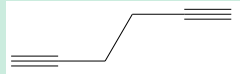
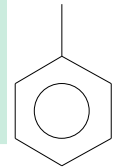
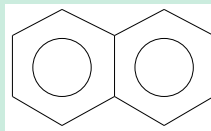
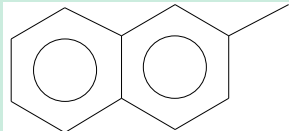
# 熱分解GC-MS分析結果

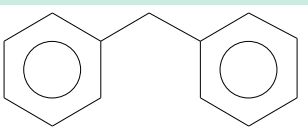
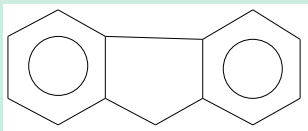
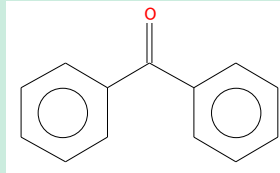
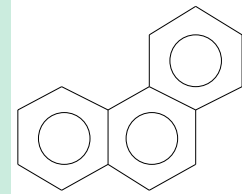
## (難燃性特殊耐熱ビニル; 376~560°C)

ピーク No.	3	4	5	8	9
推定化合物	1,5-ヘキサジエン-3-イン	(1 $\alpha$ ,2 $\alpha$ ,3 $\alpha$ )-1,2,3-トリメチルシクロペンタン	(Z)-3-オクテン	インダン	2-エチル-1-ヘキサノール
類似度	842	857	837	800	872
構造式					

# 熱分解GC-MS分析結果

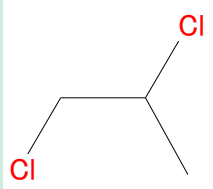
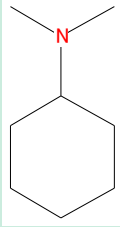
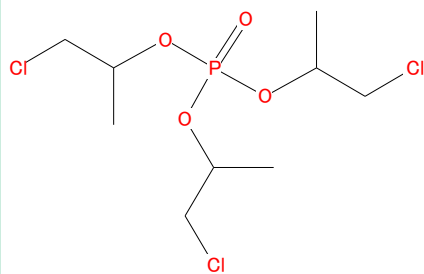
(難燃性特殊耐熱ビニル; 560~800°C)

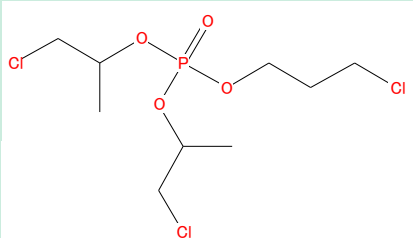
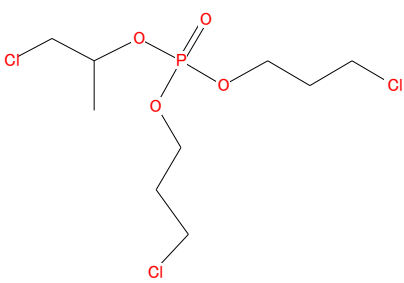
ピーク No.	2	3	4	5	6
推定化合物	ベンゼン	1,5-ヘキサジイン	トルエン	ナフタレン	2-メチルナフタレン
類似度	945	873	924	947	945
構造式					

ピーク No.	7	8	9	10
推定化合物	ジフェニルメタン	フルオレン	ベンゾフェノン	フェナントレン
類似度	949	918	916	943
構造式				

# 熱分解GC-MS分析結果

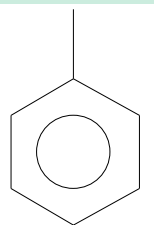
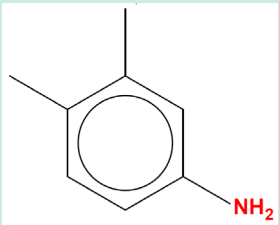
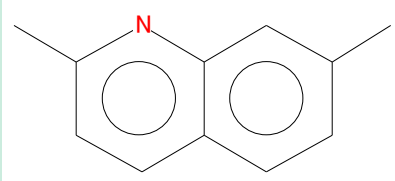
(ウレタン; 室温~246°C)

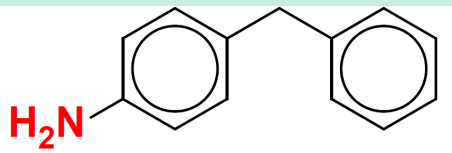
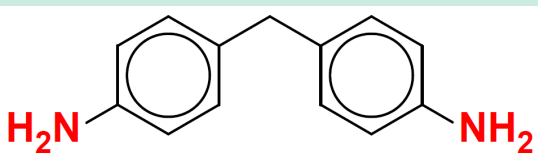
ピーク No.	3	4	7
推定化合物	1,2-ジクロロプロパン	N,N-ジメチルシクロヘキシルアミン	りん酸トリス[1-(クロロメチル)エチル]
類似度	930	878	890
構造式			

ピーク No.	8	9
推定化合物	りん酸ビス[1-(クロロメチルエチル)](3-クロロプロピル)	りん酸ビス(3-クロロプロピル)[1-(クロロメチル)エチル]
類似度	901	916
構造式		

# 熱分解GC-MS分析結果

(ウレタン; 421~580°C)

ピーク No.	2	5	7
推定化合物	トルエン	3,4-ジメチルアニリン	2,7-ジメチルキノリン
類似度	919	899	803
構造式			

ピーク No.	8	9	10
推定化合物	4-ベンジルアニリン	4,4'-メチレンジアニン	
類似度	878	882	879
構造式			

## ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験結果

2022年4月26日



東京電力ホールディングス株式会社

# 可燃性有機ガス発生量評価

- 2021年10月19日の「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会(第23回)」で報告した予備試験と本試験の実施状況について報告する。
- ケーブル、塗料及び保温材の本試験を実施し、ガスの種類と発生量を評価した。

## 試験進捗状況

No.	種類	評価対象	用途	予備試験進捗	本試験進捗 (1000℃昇温試験) (200℃24h試験)
1	ケーブル	CVケーブル 絶縁体：架橋ポリエチレン シース：難燃性特殊耐熱ビニル	・高圧動力用ケーブルに使用	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
2	ケーブル	PNケーブル 絶縁体：難燃性エチレンプロピレンゴム シース：特殊クロロプレングム	・制御・計装ケーブルに使用 ・RPV下部に設置	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
3	ケーブル	同軸ケーブル 絶縁体：ETFE/架橋ポリエチレン シース：難燃性架橋ポリエチレン	・SRNM/LPRMケーブルに使用 ・RPV下部に設置	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
4	塗料	エポキシ系塗料	・D/W、S/C壁面 上塗り	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
5	塗料	無機ジンクリッチ塗料	・D/W、S/C壁面 下塗り	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	2022年度実施予定
6	保温材	ウレタン保温材	・配管保温	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
7	保温材	ポリイミド保温材	・配管保温	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了

# 可燃性有機ガス発生量評価 (本試験条件)

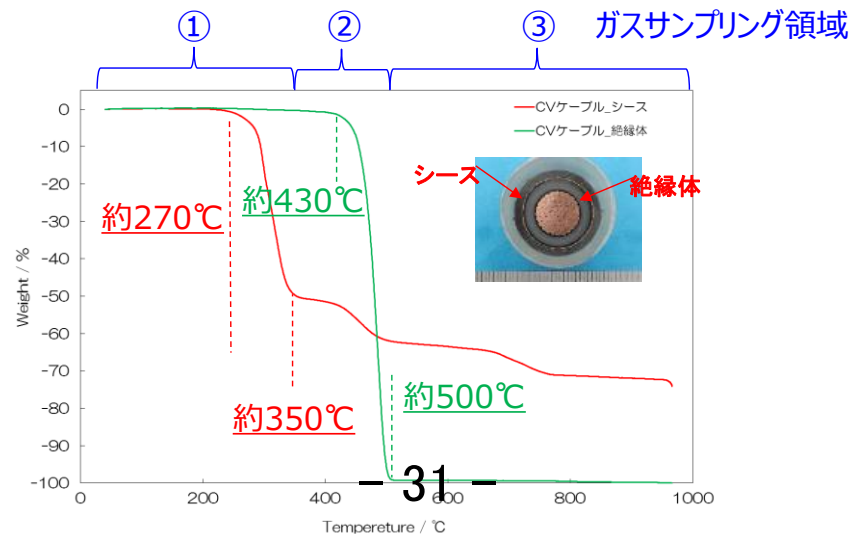
## ■ 本試験条件設定

- 水蒸気、水素ガス環境下における1000℃までの連続昇温試験 (昇温速度10℃/min)  
予備試験 (TG測定) で得られた結果から、ガス発生のタイミングにて  
3つのガスサンプリング領域を設定
- 水蒸気か水素ガス環境下のいずれかにおいて、200℃24時間保持試験
- ケーブルはシース、絶縁体、導体含む一体もので試験実施

## ■ 本試験分析方法

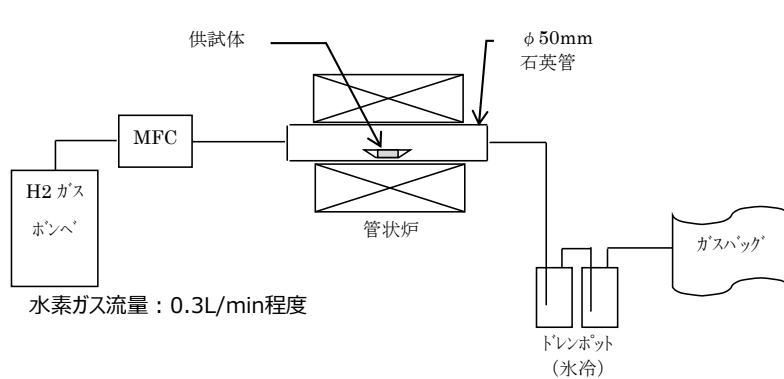
- 200℃、ガス発生温度域、1000℃ で採取したガスをガスクロマトグラフィーより分析
- 昇温前後でのケーブル等の高分子成分の変化を FT-IR より測定
- 昇温前後でのケーブル等中に含まれる各元素の相対変化を SEM-EDX より測定

## ■ ガスサンプリング領域 ( CVケーブルの例)

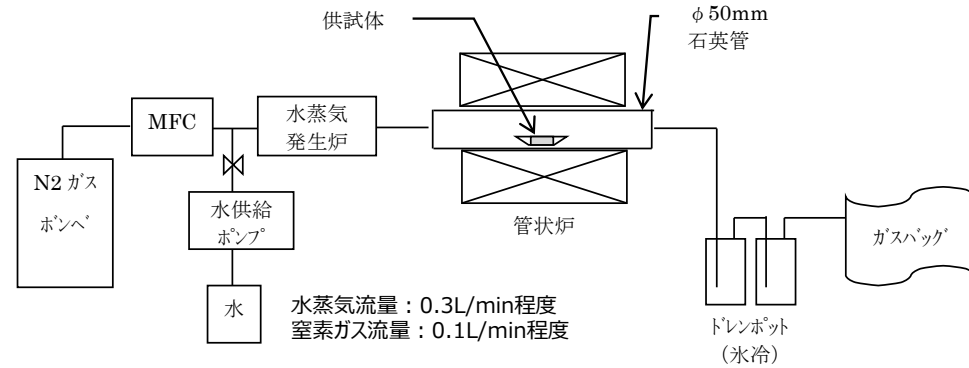


# 可燃性有機ガス発生本試験の概要

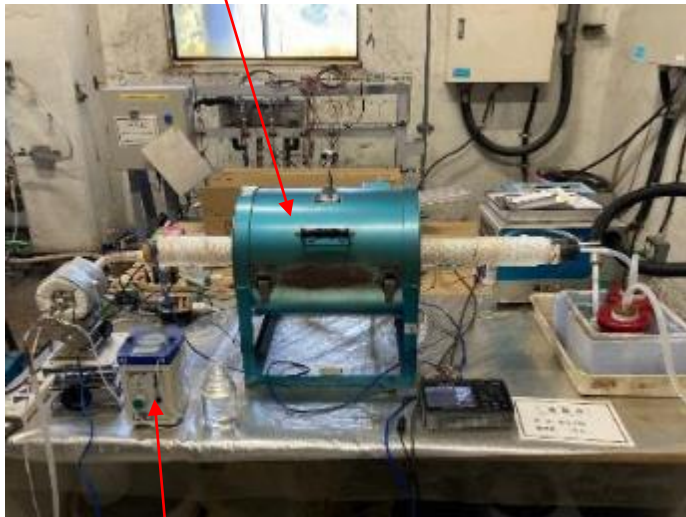
## ■ 水素ガス環境下



## ■ 水蒸気環境下



管状炉



マスフローコントローラ

石英管



ガスバッグ



## ■ ガス種に対する分析方法

- 可燃性ガスに着目したガス分析を実施
- 評価する可燃性ガスとして、工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）に取り上げられている一般的な可燃性ガスを選定
- 選定した可燃性ガスの検出に適した検出器にてガス分析を実施

対象ガス	分析方法	検出器
水素、一酸化炭素	ガスクロマトグラフ法	熱伝導度検出器(TCD)
炭化水素	ガスクロマトグラフ法	水素炎イオン化検出器(FID)
アンモニア	ガス検知管法	
硫化水素	ガスクロマトグラフ法	炎光光度検出器(FPD)

ガス検知管

例) No.3L	検知色(検色)		
測定範囲	0.5~1ppm	1~30ppm	30~78ppm
吸引回数(n)	2回	1回(基準)	1/2回
吸引補正係数	1/2	1	2.6
吸引時間	約2分	約1分	約30秒

[https://www.gastec.co.jp/faq/category/?contents\\_type=41](https://www.gastec.co.jp/faq/category/?contents_type=41)

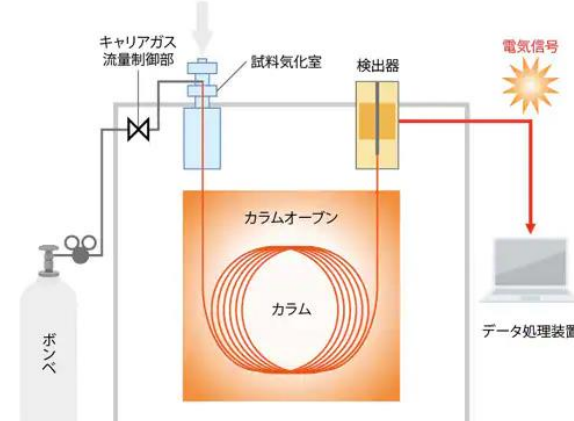
### ガスクロマトグラフ法について

気化しやすい化合物の同定・定量に用いられる方法。  
クロマトグラフ法の一つであり、サンプルと移動相が気体であることが特徴。

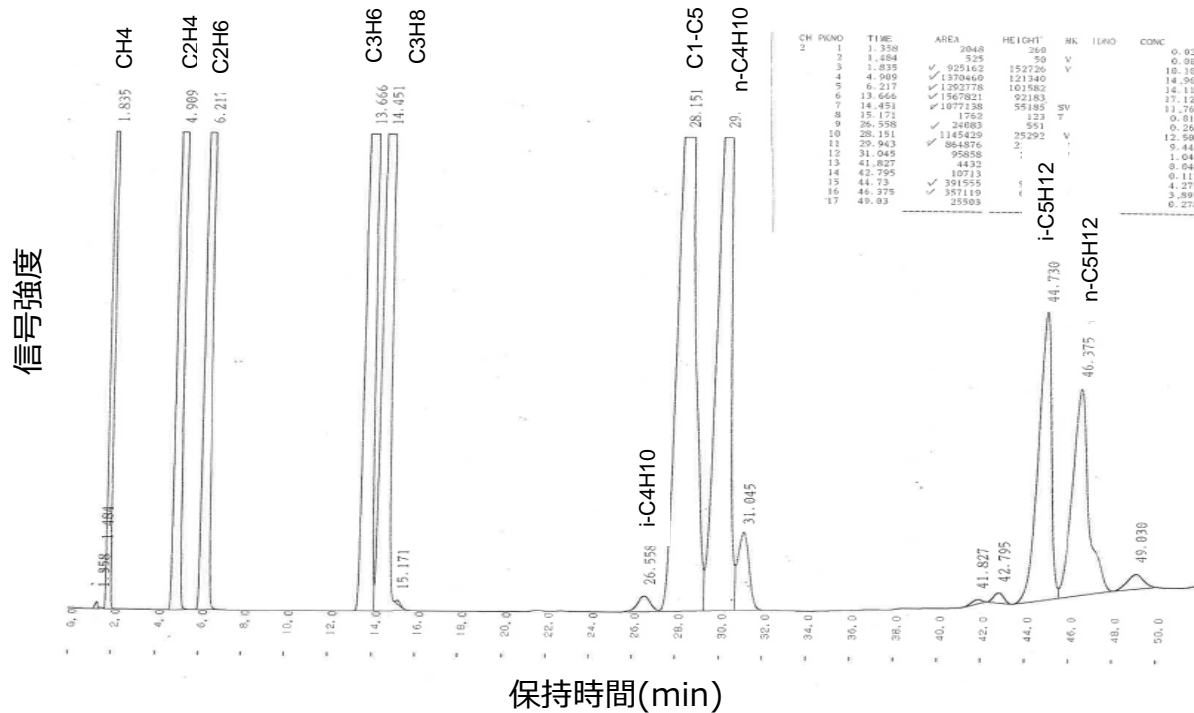
### ガス検知管法について

ガラス管の中に充填された顕色剤との反応により濃度を読み取る方法。  
採取器の変色した長さを測定対象物質の濃度として読み取る。

ガスクロマトグラフ装置



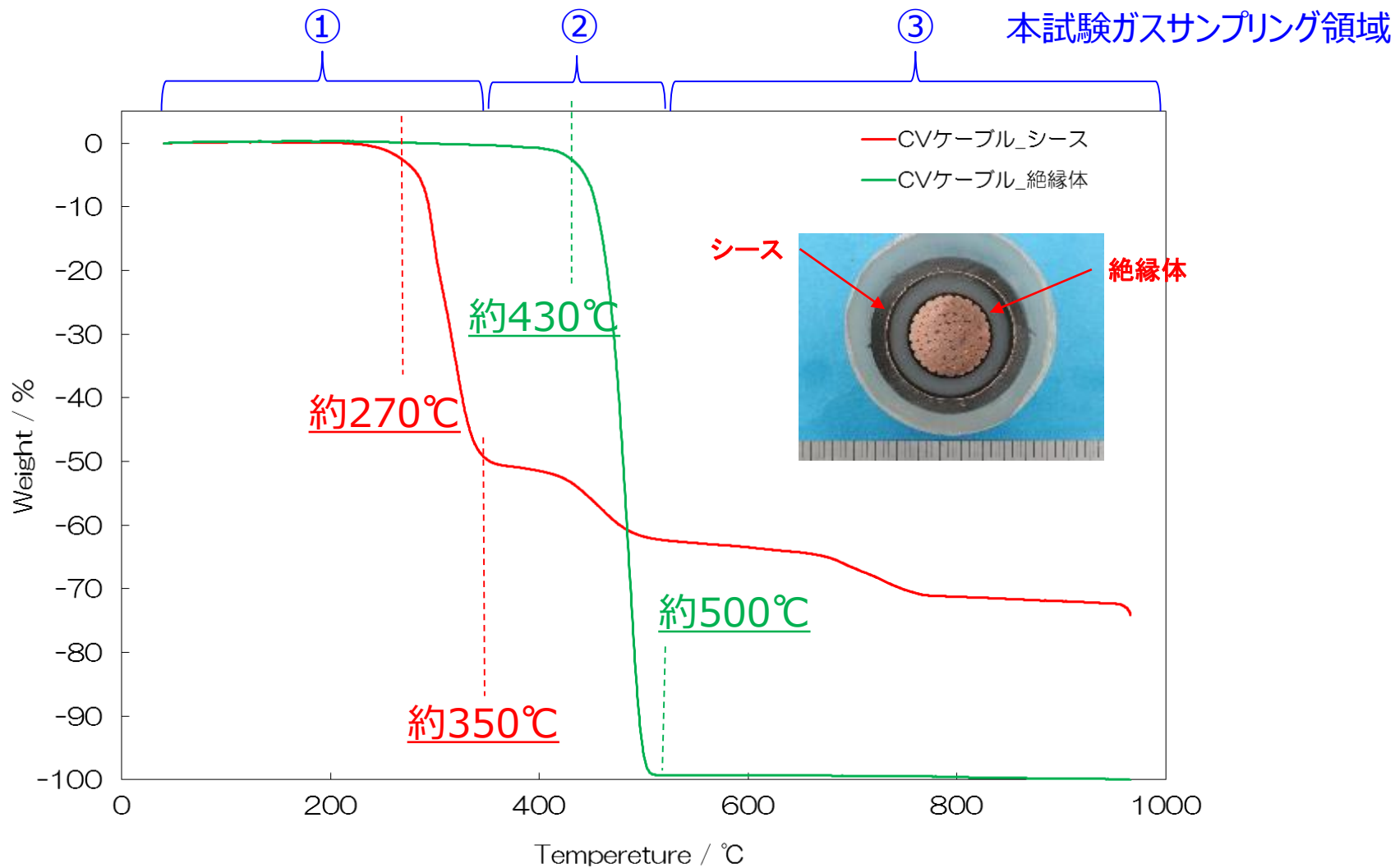
## ■ CVケーブル水蒸気環境下350-500℃ガスクロマトグラム(C1-C5)



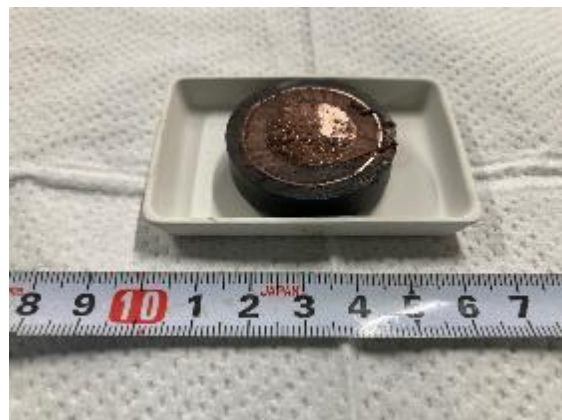
標準ガスを基準とし、各ピークの同定と面積からガス濃度を算出

	CH4	volppm	2000
	C2H4	volppm	1500
	C2H6	volppm	1400
炭化	C3H6	volppm	1300
	C3H8	volppm	850
水素	i-C4H10	volppm	14
	n-C4H10	volppm	540
	i-C5H12	volppm	190
	n-C5H12	volppm	180

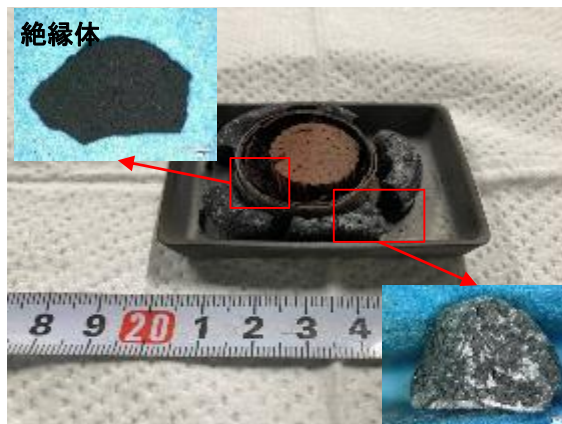
## ■ CVケーブルのTG曲線



## ■ CVケーブル昇温前後の状態



試験前



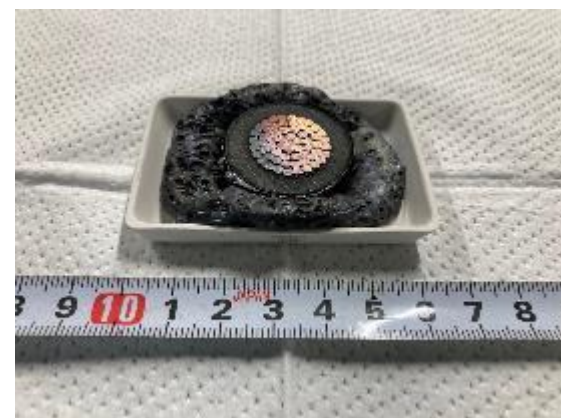
試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	CVケーブル						
		水素			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000	200
ガス発生量	L	1.2	3.0	43.4	2.1	0.3	7.9	3.3
	(合計)	L	47.6			10.3		3.3
ケーブル長さ	mm		9.5			9.0		9.0
試験前試料重量	g		31.65			27.57		33.25
試験後試料重量	g		24.55			20.26		32.71
減量	g		7.10			7.31		0.54
減量	%		22.4			26.5		1.6

※導体等含む結果

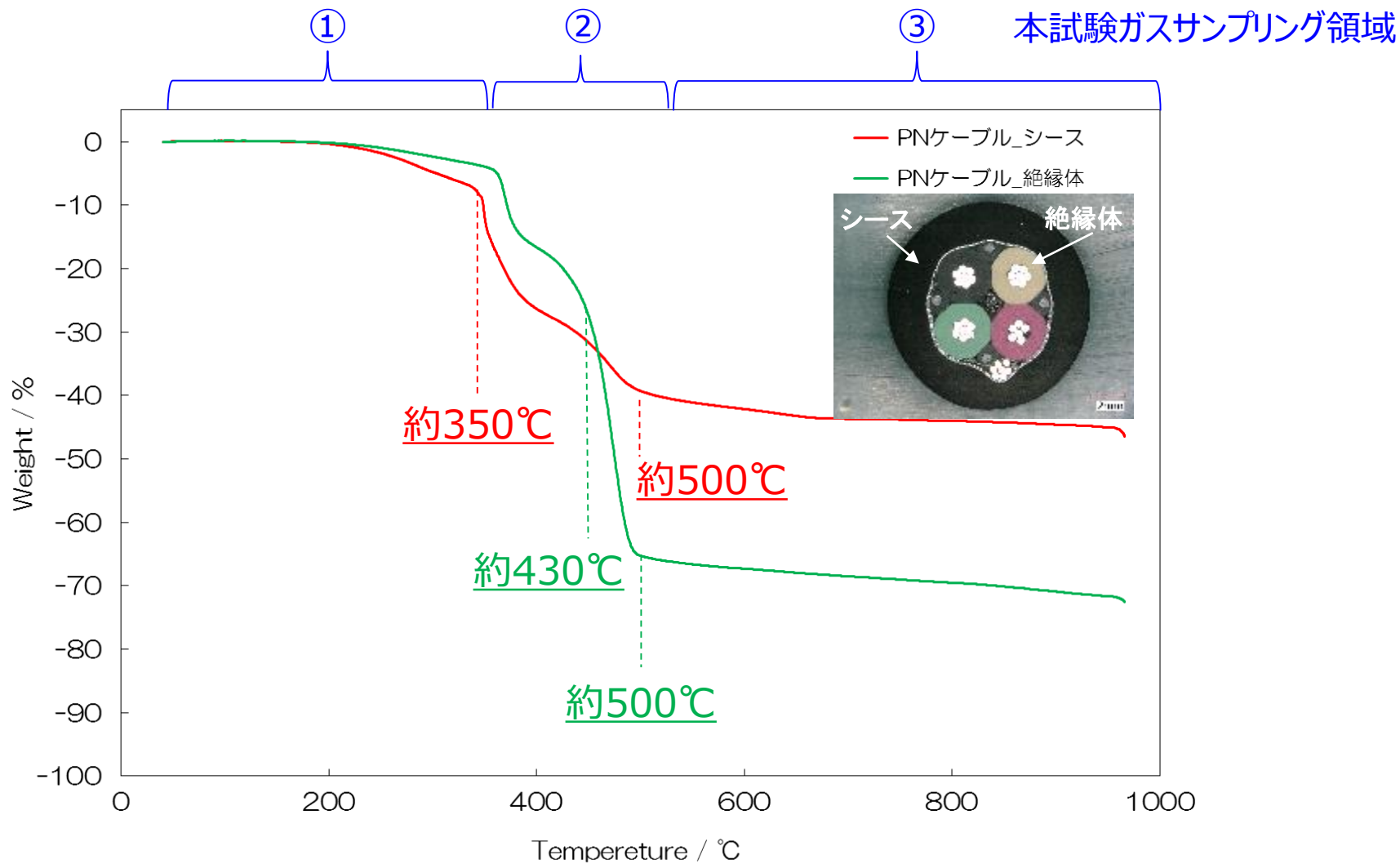


試験後  
(200°C水蒸気環境下)

■ CVケーブル1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果  
（ケーブル1t当たりのガス発生量）

試料		CVケーブルガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
環境		RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000	200
温度(℃)		RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	1.01E+02	-
CO		-	-	2.74E+00	-	-	1.95E+01	-
	CH <sub>4</sub>	1.52E-04	1.90E-01	1.10E+01	2.29E-04	6.53E-03	1.81E+01	2.98E-04
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.52E-04	1.42E-01	1.92E+00	-	4.57E-03	1.17E+01	9.92E-05
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	1.33E-01	1.92E+00	-	3.59E-03	2.01E+00	-
炭	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	1.23E-01	6.17E-01	-	1.96E-03	2.41E+00	-
化	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.27E-04	8.06E-02	1.92E-01	-	1.63E-03	4.58E-01	6.95E-04
水	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	1.33E-03	5.48E-03	-	1.41E-04	7.45E-03	-
素	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	5.12E-02	9.46E-02	-	5.22E-04	2.87E-01	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.80E-02	8.78E-02	-	-	2.64E-01	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.71E-02	8.36E-02	-	-	1.98E-01	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	-	2.65E-01	1.06E+00	-	4.03E-03	4.58E+00	-
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	1.25E-03	1.90E+00	2.33E+01	5.33E-04	3.92E-02	6.02E+01	2.58E-03
NH <sub>3</sub>		-	-	-	3.81E-05	-	-	4.96E-05
H <sub>2</sub> S		8.34E-05	2.09E-03	3.70E-03	7.46E-04	4.46E-05	2.87E-04	3.37E-04

## ■ PNケーブルのTG曲線



## ■ PNケーブル昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	PNケーブル							
		水素ガス			水蒸気			水蒸気	
温度	°C	RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200	
ガス発生量	L	2.6	0.7	7.4	2.5	0.3	15.2	2.3	
	(合計)	L	10.7			18.0			2.3
ケーブル長さ	mm	80			80.0			80.0	
試験前試料重量	g	17.12			17.47			17.30	
試験後試料重量	g	9.71			7.94			16.77	
減量	g	7.41			9.53			0.53	
減量	%	43.3			54.6			3.1	

※導体等含む結果



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

## ■ P Nケーブル1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果 (ケーブル1t当たりのガス発生量)

試料		PNケーブルガス発生量(m3/t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
環境		RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200
温度(℃)		RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200
H2		-	-	-	-	1.55E-01	3.98E+02	-
CO		-	4.09E-02	4.32E-01	-	6.87E-02	1.62E+02	-
	CH4	4.71E-02	3.80E-01	4.75E+00	3.86E-03	1.22E-01	1.83E+01	3.72E-03
	C2H4	9.11E-02	2.21E-01	4.15E-01	4.87E-03	1.41E-01	6.26E+00	5.32E-04
	C2H6	1.40E-02	2.09E-01	3.89E-01	7.16E-04	5.15E-02	3.05E+00	-
炭	C3H6	5.16E-03	1.02E-01	1.99E-01	2.86E-04	1.89E-02	2.70E+00	-
化	C3H8	7.44E-03	8.18E-02	9.08E-02	2.86E-04	1.63E-02	9.57E-01	1.33E-03
水	i-C4H10	-	3.60E-03	3.46E-03	-	6.18E-04	4.79E-02	-
素	n-C4H10	5.77E-03	4.91E-02	4.32E-02	-	7.90E-03	5.39E-01	-
	i-C5H12	-	1.06E-02	1.90E-02	-	6.01E-04	2.18E-01	-
	n-C5H12	4.86E-03	2.29E-02	4.32E-02	-	9.62E-04	4.26E-01	-
	上記以外のC1~C5(CH4換算値)	7.75E-02	3.35E-01	3.89E-01	2.29E-03	9.10E-02	6.35E+00	-
	CH4換算合計値	3.95E-01	2.41E+00	7.78E+00	1.86E-02	7.04E-01	5.74E+01	8.91E-03
NH3		-	-	-	-	-	-	-
H2S		1.20E-01	1.47E-01	1.04E-01	6.15E-03	5.84E-02	3.31E-01	4.65E-04





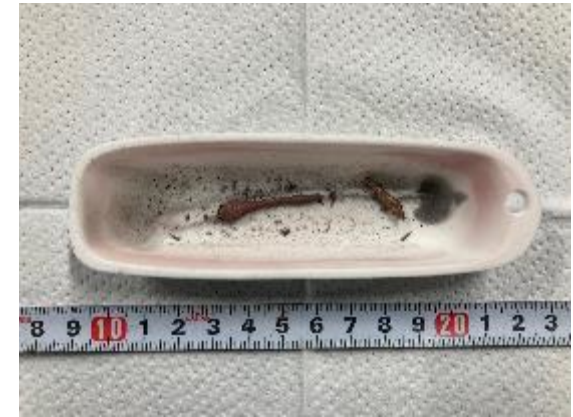
## ■ 同軸ケーブル昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

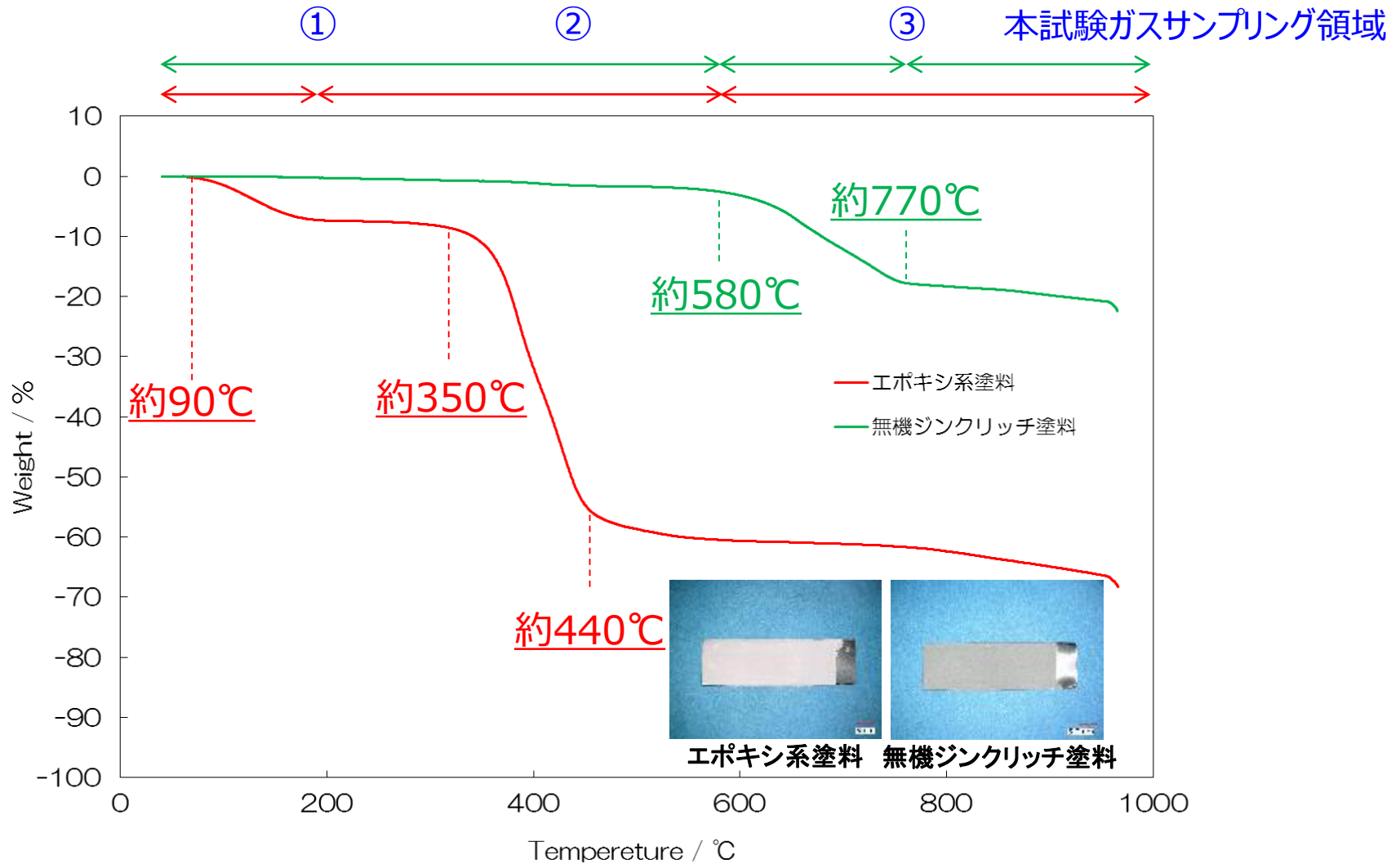
試料	環境	同軸ケーブル						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
ガス発生量	L	1.1	0.2	2.3	2.3	0.2	0.9	2.8
	(合計)	3.6			3.4			2.8
ケーブル長さ	mm	80.0			80.0			80.0
試験前試料重量	g	4.33			4.30			4.35
試験後試料重量	g	2.28			2.18			4.31
減量	g	2.05			2.12			0.04
減量	%	47.3			49.3			0.9

※導体等含む結果

## ■ 同軸ケーブル1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果 （ケーブル1t当たりのガス発生量）

試料		同軸ケーブルガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
環境		RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
温度(℃)		RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	3.37E+01	-
CO		-	-	-	-	-	1.17E+01	-
炭	CH <sub>4</sub>	1.27E-03	1.52E-01	2.76E+00	2.14E-03	1.81E-02	7.12E+00	1.29E-03
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.29E-03	1.62E-01	5.31E-01	-	2.05E-02	5.44E+00	-
化	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7.62E-04	1.20E-01	5.84E-01	5.35E-04	1.40E-02	1.26E+00	-
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	7.62E-04	1.20E-01	1.81E-01	-	7.91E-03	1.51E+00	-
水	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	7.62E-04	5.08E-02	6.37E-02	1.87E-02	6.51E-03	2.93E-01	3.22E-03
	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	1.02E-03	5.31E-04	-	-	-	-
素	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	2.91E-02	2.92E-02	-	1.12E-03	1.72E-01	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.43E-02	1.86E-02	-	-	6.28E-02	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.20E-02	2.02E-02	-	-	3.98E-02	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	5.84E-03	2.68E-01	3.29E-01	-	1.07E-02	2.93E+00	-
CH <sub>4</sub> 換算合計値		1.80E-02	1.66E+00	6.37E+00	5.88E-02	1.40E-01	2.72E+01	1.22E-02
NH <sub>3</sub>		-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> S		-	-	2.02E-03	3.74E-04	1.49E-04	2.93E-04	1.22E-03

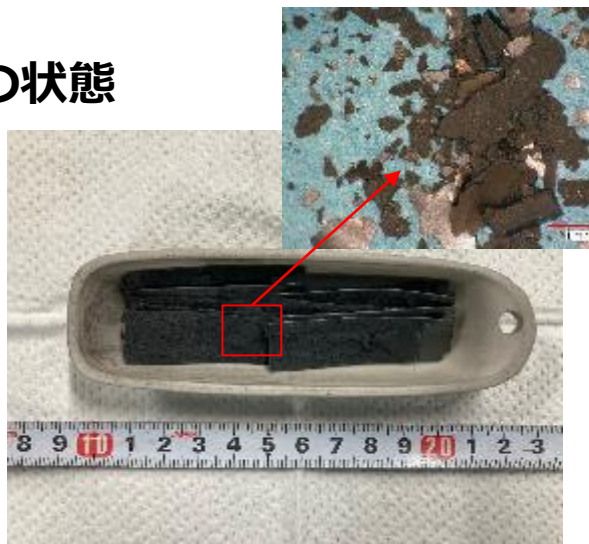
## ■ 塗料のTG曲線



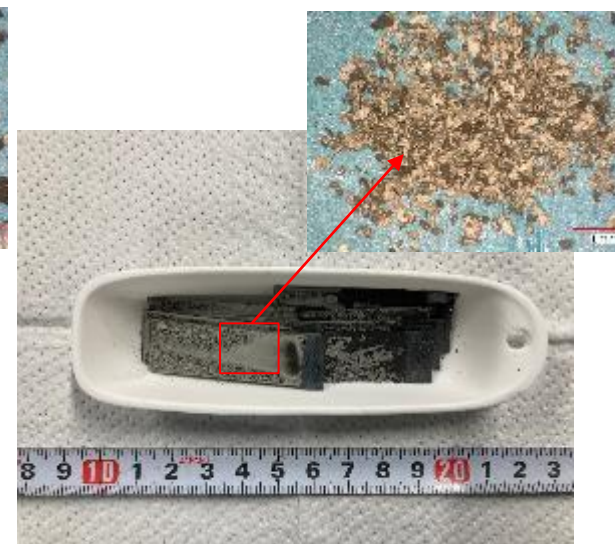
## ■ エポキシ系塗料昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)



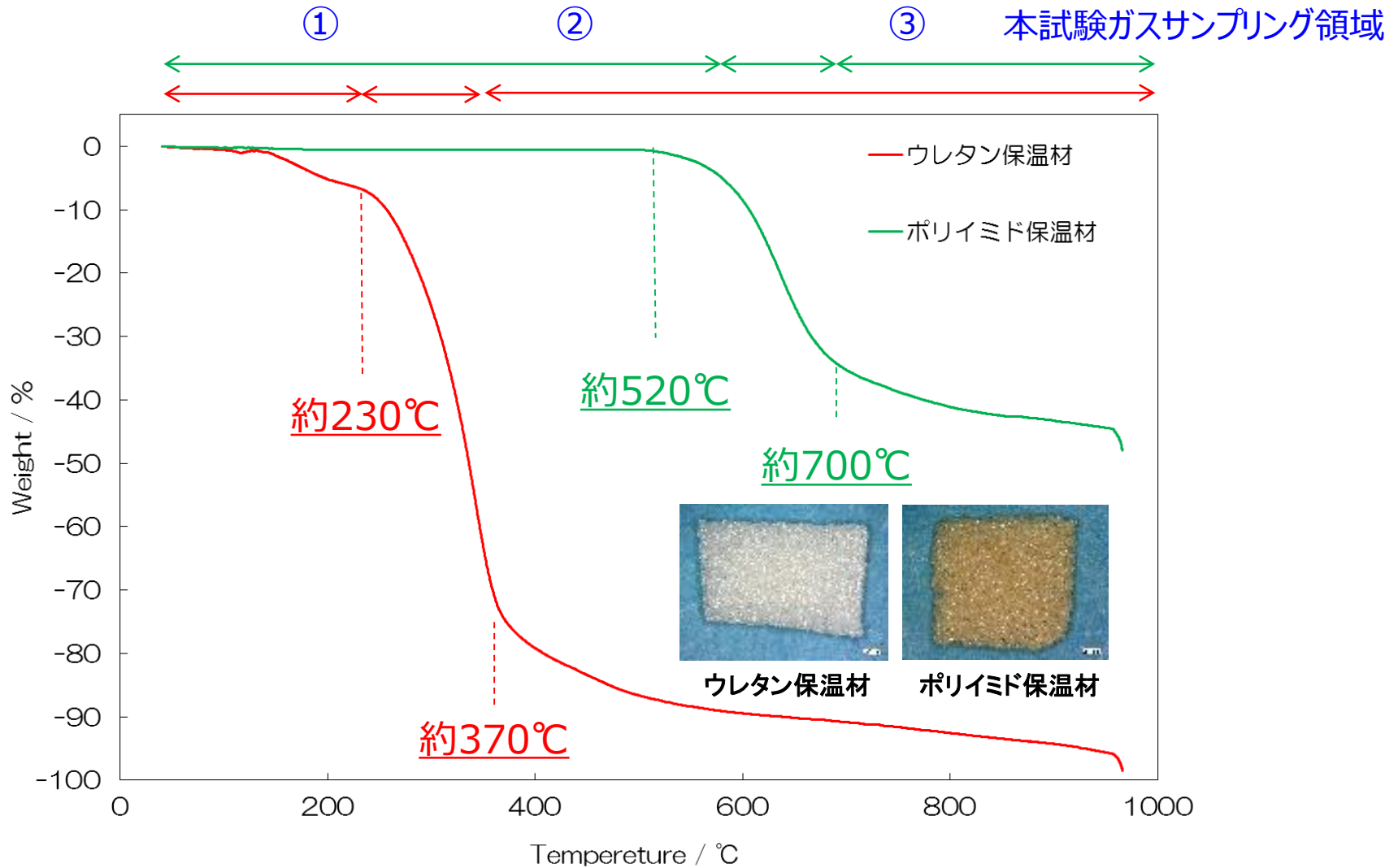
試験後  
(200°C水蒸気環境下)

試料	環境	エポキシ系塗料						
		水素			水蒸気			水蒸気
温度(°C)	°C	RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
ガス発生量	L	0.5	0.5	1.9	2.0	0.2	1.6	4.2
	(合計)	2.9			3.8			4.2
試験前試料重量(塗料)	g	2.54			2.34			8.04
試験後試料重量(塗料)	g	0.82			0.75			7.86
減量	g	1.72			1.59			0.18
減量	%	67.7			67.9			2.2

## ■エポキシ系塗料1000℃昇温、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果 （塗料1t当たりのガス発生量）

試料		エポキシ系塗料ガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
環境		RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
温度(°C)		RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	1.31E+02	-
CO		-	-	1.50E+00	-	-	2.05E+01	-
炭 化 水 素	CH <sub>4</sub>	1.97E-04	2.36E-01	3.74E+00	1.11E-02	2.39E-02	1.57E+01	8.24E-03
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-	4.13E-02	2.69E-01	8.55E-03	4.87E-03	4.44E+00	-
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	5.51E-02	2.17E-01	2.56E-03	3.42E-03	5.40E-01	-
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	3.94E-02	1.72E-02	6.84E-03	3.76E-03	6.22E-01	-
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.97E-04	1.91E-02	8.23E-03	2.56E-03	1.45E-03	1.37E-01	2.06E-03
	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	4.27E-04	-	-
	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	5.71E-03	-	1.71E-03	3.42E-04	3.76E-02	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	3.54E-03	-	-	5.13E-04	1.91E-02	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	2.36E-03	1.24E-01	1.65E-02	3.59E-02	9.40E-03	8.21E-01	6.18E-02
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	3.15E-03	7.28E-01	4.79E+00	1.11E-01	6.92E-02	2.87E+01	8.03E-02
NH <sub>3</sub>		1.97E-04	3.94E-02	1.50E-03	-	-	-	-
H <sub>2</sub> S		-	-	8.98E-02	-	-	6.77E-01	4.12E-04

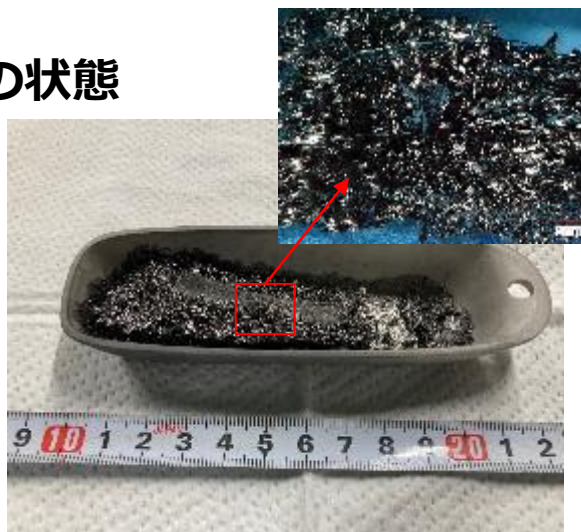
## ■ 保温材のTG曲線



## ■ウレタン保温材昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

試料	環境	ウレタン保温材						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~230	230~370	370~1000	RT~230	230~370	370~1000	200
ガス発生量	L	0.7	0.2	4.2	2.3	0.2	2.9	3.5
	(合計)		5.1			5.4		3.5
試験前試料重量	g		2.40			2.56		2.55
試験後試料重量	g		0.43			0.00		1.61
減量	g		1.97			2.56		0.94
減量	%		82.1			100.0		36.9



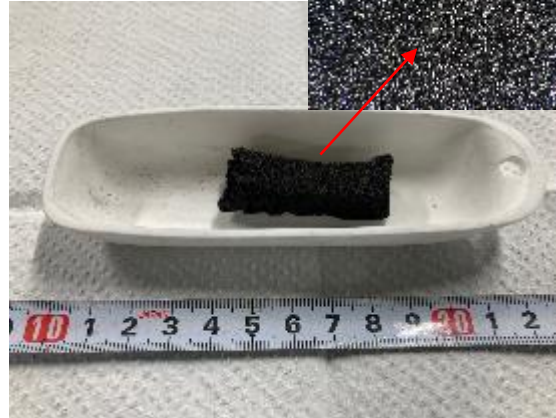
## ■ウレタン保温材1000℃昇温時、200℃24時間保持に発生したガス分析結果 （保温材1t当たりのガス発生量）

試料		ウレタン保温材ガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			
環境								
温度(℃)		RT～230	230～370	370～1000	RT～230	230～370	370～1000	水蒸気 200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	2.64E+02	-
CO		-	-	-	-	-	1.16E+02	-
	CH <sub>4</sub>	5.83E-04	1.25E-03	7.35E+00	6.29E-03	1.09E-03	2.72E+01	5.49E-03
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-	4.17E-04	5.43E-01	3.59E-03	7.03E-04	6.68E+00	-
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	5.00E-04	6.83E-01	8.98E-04	1.56E-04	1.25E+00	-
炭	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	1.92E-02	5.95E-01	2.70E-03	5.47E-04	3.63E+00	-
化	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.92E-04	5.00E-04	1.51E-01	1.80E-03	3.13E-04	4.30E-01	1.37E-03
水	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	-	-	-
素	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	7.81E-05	6.00E-02	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.17E-03	1.23E-02	-	-	-	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	3.08E-03	2.28E-02	-	-	1.36E-02	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ～C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	1.52E-01	2.17E-01	3.15E-01	5.03E-01	2.27E-01	2.15E+00	8.37E-01
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	1.55E-01	2.92E-01	1.24E+01	5.30E-01	2.34E-01	5.66E+01	8.51E-01
NH <sub>3</sub>		-	-	6.48E-01	-	-	3.96E-03	-
H <sub>2</sub> S		8.75E-05	7.50E-05	-	7.28E-03	9.38E-04	4.30E-02	4.67E-03

## ■ポリイミド保温材昇温前後の状態



試験前

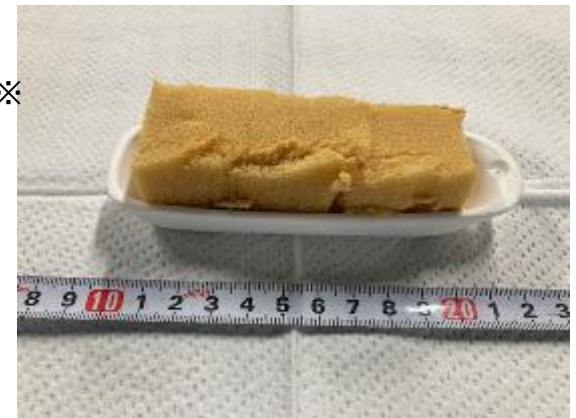


試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	ポリイミド保温材						
		水素ガス			水蒸気			水素ガス※
温度	°C	RT~520	520~700	700~1000	RT~520	520~700	700~1000	200
ガス発生量	L	0.7	0.4	2.0	2.3	0.2	1.9	<0.1
	(合計)	3.1			4.4			<0.1
試験前試料重量	g	0.65			0.70			0.66
試験後試料重量	g	0.23			0.01			0.64
減量	g	0.42			0.69			0.02
減量	%	64.6			98.6			3.0



試験後  
(200°C水素ガス環境下)

## ■ポリイミド保温材1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生するガス分析結果 （保温材1t当たりのガス発生量）

試料		ポリイミド保温材ガス発生量(m3/t)						
		水素			水蒸気			水素ガス
環境		RT~520	520~700	700~1000	RT~520	520~700	700~1000	200
温度(℃)		RT~520	520~700	700~1000	RT~520	520~700	700~1000	200
H2		-	-	-	-	-	6.32E+02	-
CO		-	7.38E+00	3.08E+00	-	1.71E+00	3.94E+02	-
	CH4	1.40E-02	2.22E-01	9.85E+00	6.57E-03	5.14E-02	2.36E+01	1.52E-04
	C2H4	1.08E-03	1.35E-02	5.23E-02	-	6.57E-03	1.36E+00	-
	C2H6	-	9.23E-03	4.00E-02	-	2.86E-04	3.53E-02	-
炭	C3H6	-	3.08E-03	-	-	2.00E-03	7.87E-02	-
化	C3H8	1.08E-03	2.65E-02	7.38E-02	-	2.86E-04	1.60E-01	-
水	i-C4H10	-	-	-	-	-	-	-
素	n-C4H10	-	-	-	-	-	-	-
	i-C5H12	-	-	-	-	-	-	-
	n-C5H12	-	-	-	-	-	-	-
	上記以外のC1~C5(CH4換算値)	4.95E-02	1.78E-02	2.46E-02	-	-	7.60E-02	-
	CH4換算合計値	7.22E-02	3.69E-01	1.05E+01	1.31E-02	7.14E-02	2.69E+01	4.55E-04
NH3		5.38E-04	3.08E-02	1.60E+00	1.64E-03	-	1.36E-03	-
H2S		-	-	-	3.29E-04	5.71E-05	1.63E-03	-

## ■ ケーブル3種、エポキシ塗料、保温材2種から発生するガス濃度（1F3D/W）

1F3の格納容器内ケーブル、塗料、保温材の想定物量総量と  
ドライウェル空間容積より発生ガス総量（vol%）を算出

試料 環境		発生ガス総量 (vol%)			ガス物性 燃焼(爆発)範囲 (vol%) *	
		水素/水蒸気	水素	水蒸気		
温度(°C)		°C	200	RT~1000	RT~1000	
H2		vol%	0.00E+00	0.00E+00	2.07E+01	4~75.6
CO		vol%	0.00E+00	2.48E-01	6.38E+00	12.5~74
炭 化 水 素	CH4	vol%	2.54E-04	1.13E+00	2.29E+00	5.0~15
	C2H4	vol%	1.96E-05	1.94E-01	1.22E+00	2.7~36
	C2H6	vol%	0.00E+00	1.91E-01	2.55E-01	3.0~12.5
	C3H6	vol%	0.00E+00	7.34E-02	2.99E-01	2.0~11
	C3H8	vol%	1.46E-04	2.81E-02	6.56E-02	2.1~9.5
	i-C4H10	vol%	0.00E+00	7.11E-04	1.68E-03	1.8~8.4
	n-C4H10	vol%	0.00E+00	1.43E-02	3.73E-02	1.6~8.5
	i-C5H12	vol%	0.00E+00	9.45E-03	2.63E-02	1.3~7.6
	n-C5H12	vol%	0.00E+00	1.01E-02	2.58E-02	1.5~12.5
	上記以外のC1~C5(CH4換算値)	vol%	6.94E-03	1.35E-01	5.64E-01	-
CH4換算合計値		vol%	7.77E-03	2.47E+00	7.07E+00	-
NH3		vol%	3.95E-06	5.55E-03	3.30E-05	15.0~28
H2S		vol%	8.70E-05	9.70E-03	1.71E-02	4.0~44

\* : 工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）、国際化学物質安全性カード

# 1F3評価の前提となる数値

D/W空間体積	線種／材質	総量	根拠
3,770m <sup>3</sup>	CVケーブル	約3t	・ 1F3物量不明のため、他プラントの使用実績を適用
	PNケーブル	約0.1t	・ ペDESTAL部に施工されているケーブル総量 ・ KGBケーブルは未検証のため、PNケーブル物量 (0.1t+0.73t=0.83t) として見込み評価
	同軸ケーブル	約0.32t	
	KGBケーブル	約0.73t	
	エポキシ塗料	約0.442t	・ 格納容器 (D/W側) 内壁表面積約1600m <sup>2</sup> ・ 上塗り／中塗り膜厚それぞれ100μmで試算
	ウレタン保温材	約0.28t	・ 1F3使用量約8m <sup>3</sup> より試算
	ポリイミド保温材	約0.006t	・ 1F3使用量約1m <sup>3</sup> より試算

- ケーブル3種類、エポキシ系塗料、保温材2種類について、水素ガス、水蒸気環境下での1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生するガス分析を実施
- 200℃24時間環境下では、可燃性ガスはほぼ発生しないことを確認
- 水蒸気環境下の方が水素環境下よりも可燃性ガスが多く発生する傾向を確認

## <2022年度計画>

- 無機ジンクリッチ塗料、有機ジンクリッチ塗料、KGBケーブル（シリコンケーブル）のガス発生量評価予定
- 酸素ガス環境下での1000℃昇温試験を検討

# JAEAにおけるスミヤ試料分析のまとめ

- ・2号機原子炉建屋スミヤ試料
- ・1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料
- ・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料

2022年4月26日

日本原子力研究開発機構  
安全研究センター

# スミヤ試料分析のねらい

原子炉建屋等の床面や壁面に付着した核種の組成に関するデータを取得する。



- 同一号機における異なる位置での比較により、格納容器から建屋への漏洩経路や建屋内の移行経路を推定するための情報を得る。
  - 建屋各階の比較
  - SGTSフィルタ上流側と下流側の比較(格納容器ベントにより放出された気体中に含まれる核種特性の把握)
- 号機間の比較により、炉心損傷進展時における雰囲気条件等の違いを推定する。



# 分析対象の核種

## ○着目核種

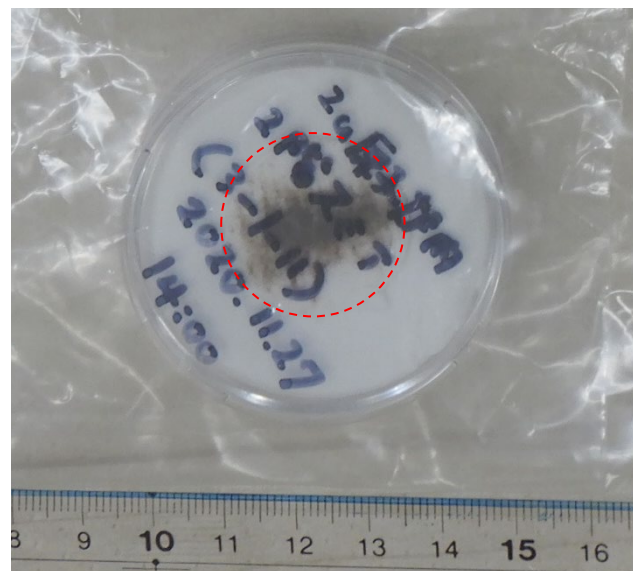
Cs-134/137、Tc-99、Mo同位体、Sr-90、 $\alpha$ 核種(U等)、I-129、他

- Csの化学形は原子炉容器内の雰囲気依存し得る(原子炉容器内に水蒸気が十分にある酸化雰囲気条件下で事故が進展した場合、Moが燃料から放出されやすくなり、 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4$ がCsの主要な化学形になる可能性がある)。
- Tc-99及びMo同位体は、酸化物の形態になると燃料から放出され易くなる性質を有しているため、炉心損傷・溶融進展時の雰囲気条件を推定する上で指標的な核種になり得る。
- MCCI等により中・難揮発性の放射性物質(Srや $\alpha$ 核種)がエアロゾルとして放出される可能性がある。
- I-129(長半減期)を分析することにより、健康影響評価上重要なI-131(短半減期)の放出挙動を概略評価できる可能性がある。

# 試料の概要(1)規制庁採取試料

2号機原子炉建屋の壁、床、階段裏から採取されたスミヤ試料(2020/11/27採取): 14試料

試料番号	採取場所
U2RB-5FW	5階壁面
U2RB-5FF	5階床面
U2RB-4FW	4階壁面
U2RB-4FF	4階床面
U2RB-4FS	4階階段裏面
U2RB-3FW	3階壁面
U2RB-3FF	3階床面
U2RB-3FS	3階階段裏面
U2RB-2FW	2階壁面
U2RB-2FF	2階床面
U2RB-2FS	2階階段裏面
U2RB-1FW	1階壁面
U2RB-1FF	1階床面
U2RB-1FS	1階階段裏面



## 赤字で示した4試料を優先的に分析

- ・5階壁面／床面試料: トップヘッドフランジからの核種放出を考慮
- ・1階床面試料: 1階貫通部等(p15参照)からの核種放出を考慮
- ・4階床面試料: 上記試料との比較

# 試料の概要(2) 東京電力採取試料

・1/2号機SGTS配管内部から採取されたスミヤ試料: 1試料

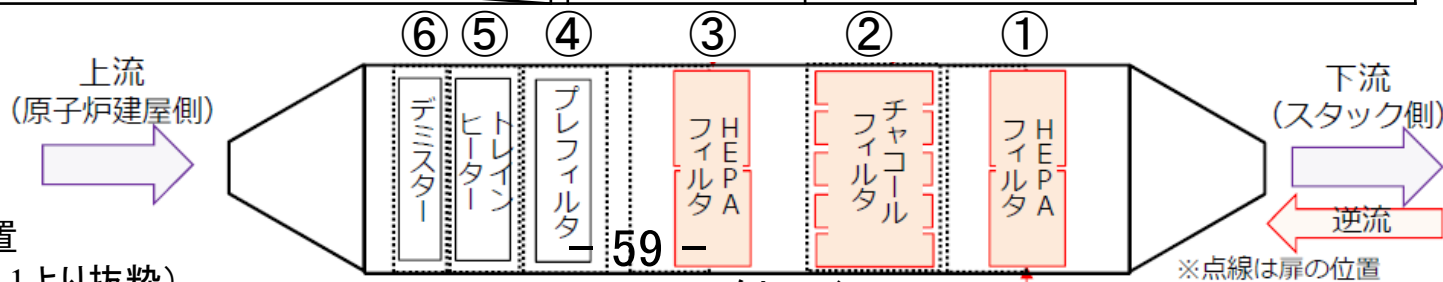
試料番号	採取場所
U12SGS	1/2号機SGTS配管内部

赤字で示した3試料を優先的に分析

- ・SGTS配管内部
- ・フィルタレインの最上流、最下流

・3号機SGTS室のフィルターから採取されたスミヤ試料: 23試料

試料番号	採取場所 (SGTS A系)	試料番号	採取場所 (SGTS B系)
U3SGF-A1-1	高性能フィルター上流 ①-1	U3SGF-B1-1	高性能フィルター上流 ①-1
U3SGF-A2-1	チャコールフィルター最上段上流 ②-1	U3SGF-B2-1	チャコールフィルター最上段上流 ②-1
U3SGF-A2-2	チャコールフィルター最上段下流 ②-2	U3SGF-B2-2	チャコールフィルター最上段下流 ②-2
U3SGF-A2-3	チャコールフィルター最下段上流 ②-3	U3SGF-B2-3	チャコールフィルター最下段上流 ②-3
U3SGF-A2-4	チャコールフィルター最下段下流 ②-4	U3SGF-B2-4	チャコールフィルター最下段下流 ②-4
U3SGF-A3-1	高性能フィルター上流 ③-1	U3SGF-B3-1	高性能フィルター上流 ③-1
U3SGF-A4-1	プレフィルター上流 ④-1	U3SGF-B4-1	プレフィルター上流 ④-1
U3SGF-A4-2	プレフィルター下流 ④-2	U3SGF-B4-1	プレフィルター下流 ④-2
		U3SGF-B5-1	トレインヒーター機器表面 ⑤
U3SGF-A6-1	デミスター上流 ⑥-1	U3SGF-B6-1	デミスター上流 ⑥-1
U3SGF-A6-2	デミスター下流 ⑥-2	U3SGF-B6-2	デミスター下流 ⑥-2
		U3SGF-B7	チャコールフィルター表面 ②
		U3SGF-B8	プレフィルター表面 ④



SGTSフィルター配置  
(第16回会合資料4-1より抜粋)

フィルタレイン

# 報告内容

## スミヤ試料の分析結果のまとめ

### (1) スミヤ試料

- ・2号機原子炉建屋スミヤ試料
- ・1/2号機SGTS配管内部スミヤ試料
- ・3号機SGTS室フィルタースミヤ試料

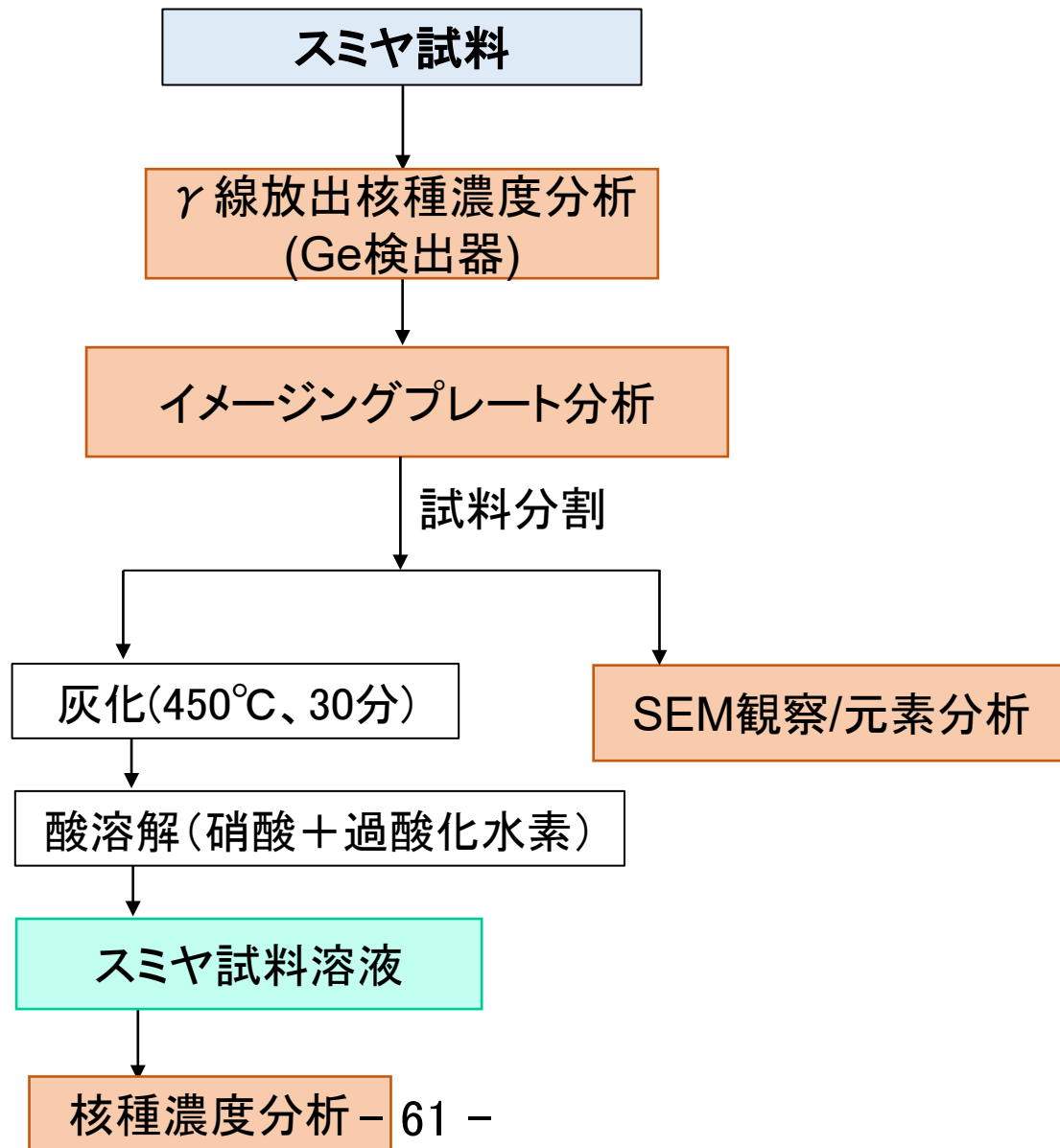
### (2) 分析核種

- ・Cs-134、Cs-137
- ・Sb-125
- ・Sr-90
- ・Tc-99
- ・Mo同位体 (Mo-95、96、97、98、100)
- ・U同位体 (U-235、236、238)
- ・Pu同位体 (Pu-238、239、240)
- ・Am-241

第27回会合にて分析結果を報告  
(今回、再整理した結果を報告)

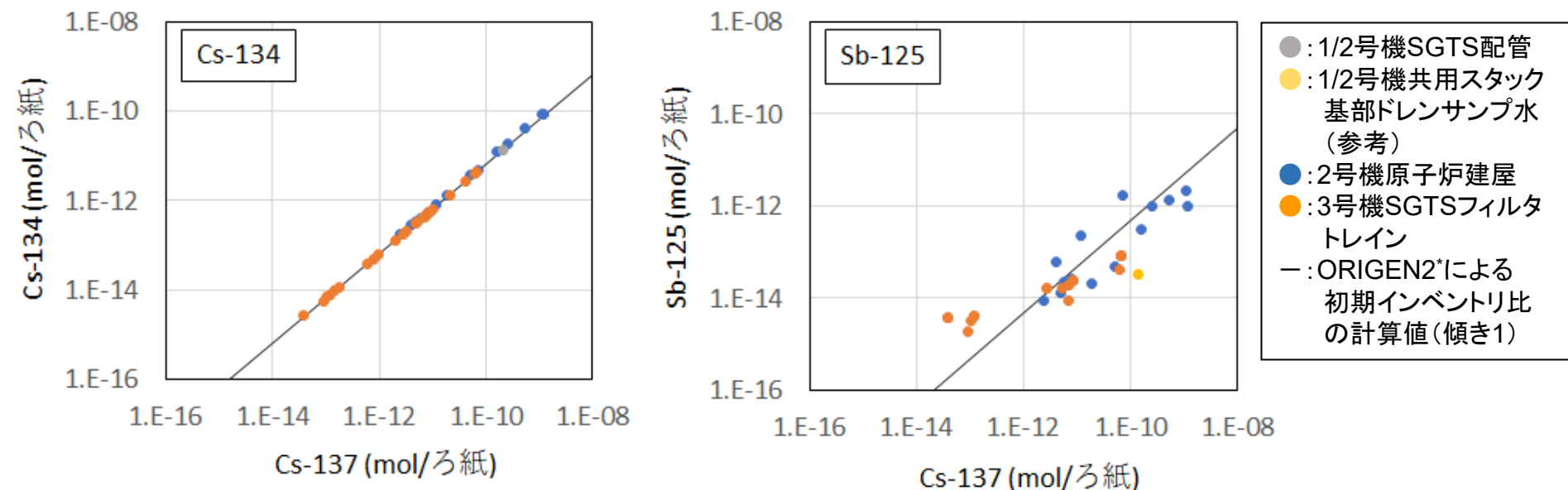
今回、分析結果を報告

# 分析の流れ



# スミヤ試料の $\gamma$ 線分析結果 (Cs-134、Sb-125とCs-137の比)

事故時に減衰補正した値

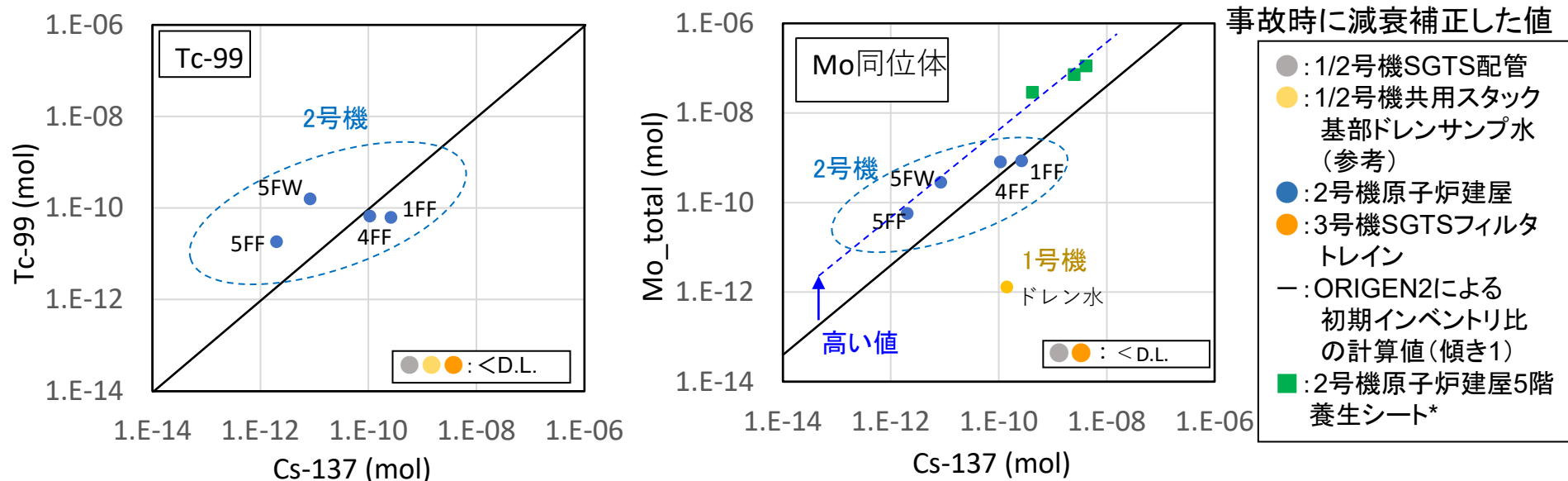


●1号機(1/2号機SGTS配管及びドレンサンプル水)、2号機(原子炉建屋)及び3号機(SGTSフィルタトレイン)の全てにおいて、

- Cs-134: ORIGEN2コード\*により計算した初期インベントリのモル比とほぼ一致。
- Sb-125: ばらつきはあるものの、全号機で初期インベントリのモル比と同程度。

⇒Sb-125の初期インベントリに対する放出割合はCs-137と同程度(モル量に換算すると1/100程度)で、炉心損傷・溶融進展時の雰囲気条件に強く依存しないことを示唆(Sbの沸点: 1587°C、Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の沸点: 1425°C)。

# スミヤ試料溶液の分析結果 ( Tc-99、Mo同位体とCs-137の比)



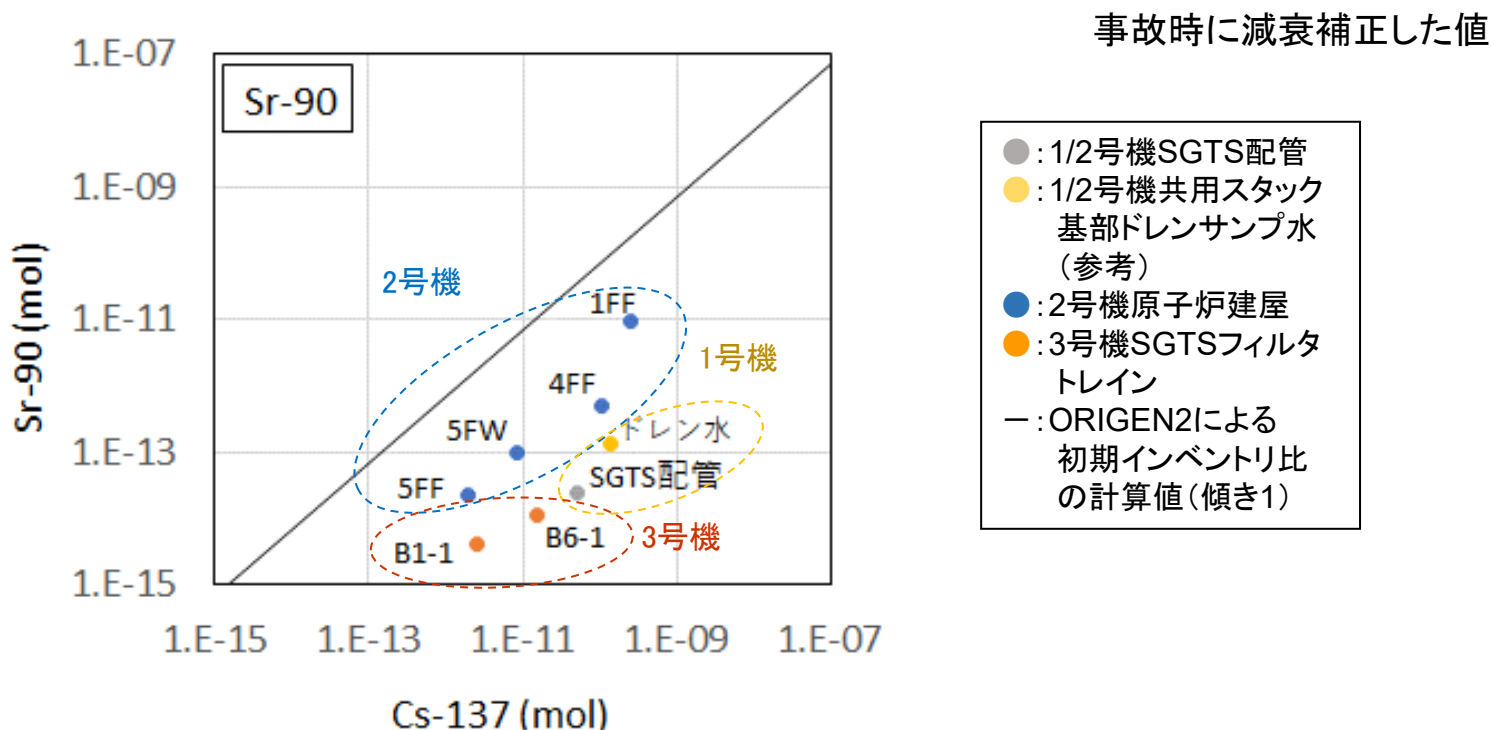
➤ 2号機におけるTc-99及びMo同位体の放出割合が、1号機及び3号機に比べて著しく高い。また、Mo量はCs量を大幅に上回っている。

⇒2号機ではCsの主要な化学形が $\text{Cs}_2\text{MoO}_4$ であった可能性が高い。Tc及びMoは酸化物の形態になると燃料から放出され易いことから、酸化性雰囲気 (水蒸気リッチ) 下で炉心損傷・溶融が進展した可能性。

➤ Tc-99及びMo同位体のCs-137に対するモル比は、原子炉建屋5階 (5FF及び5FW) において4階 (4FF) 及び1階 (1FF) よりも高い。

➤ Mo同位体/Cs-137比は初期インベントリ比よりも高く、東京電力HDが取得した同5階養生シートの分析結果\*と同様の傾向。

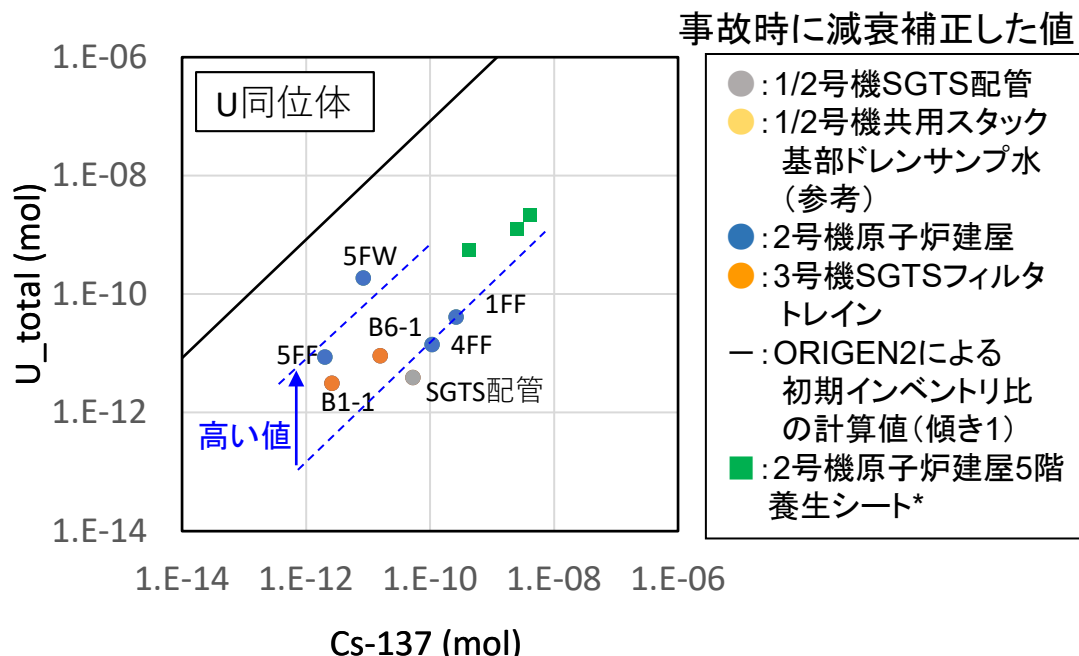
# スミヤ試料溶液の分析結果 (Sr-90とCs-137の比)



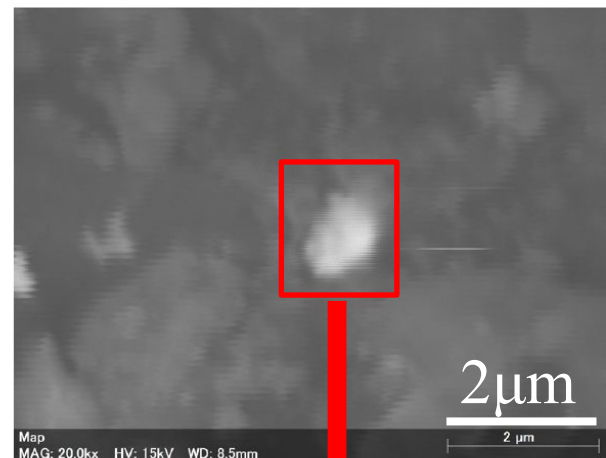
- 全ての試料でSr-90/Cs-137比は、初期インベントリ比より低い値。
- 2号機におけるSr-90の放出割合が、1号機及び3号機よりも1桁程度高い。  
⇒現時点では要因の説明は困難。  
(Srは還元性雰囲気下において、酸化物に比べ放出され易い金属状態になる可能性がある)。



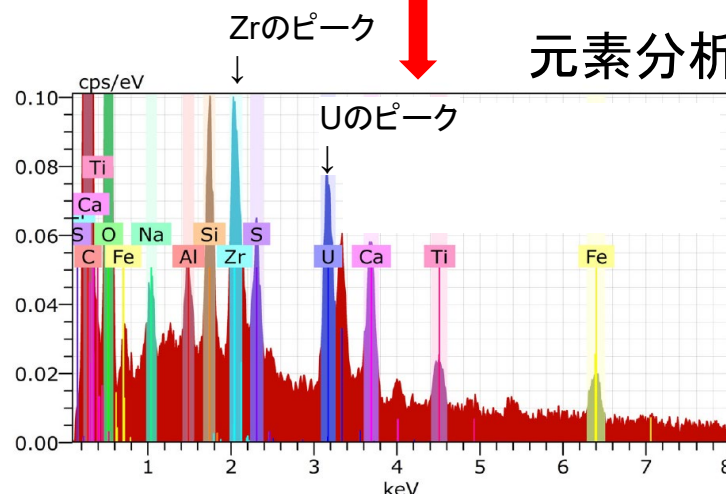
# スミヤ試料溶液の分析結果及びSEM分析結果 (U同位体とCs-137の比)



SEM画像 (5階壁面試料)



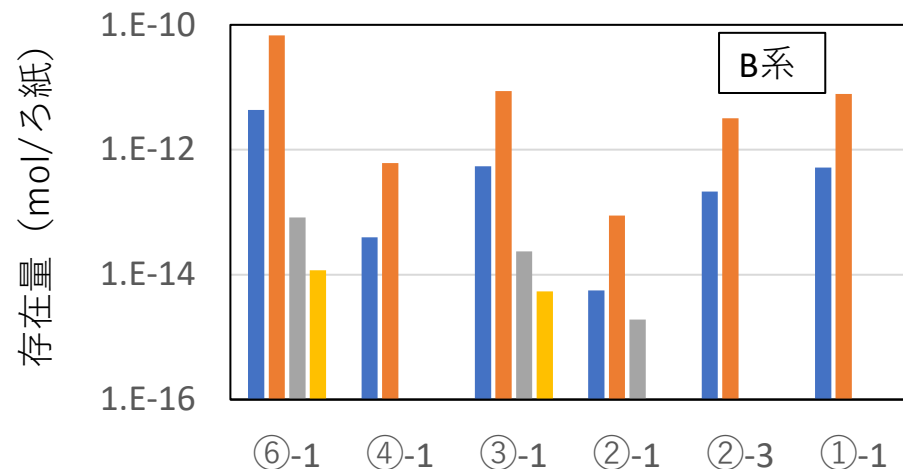
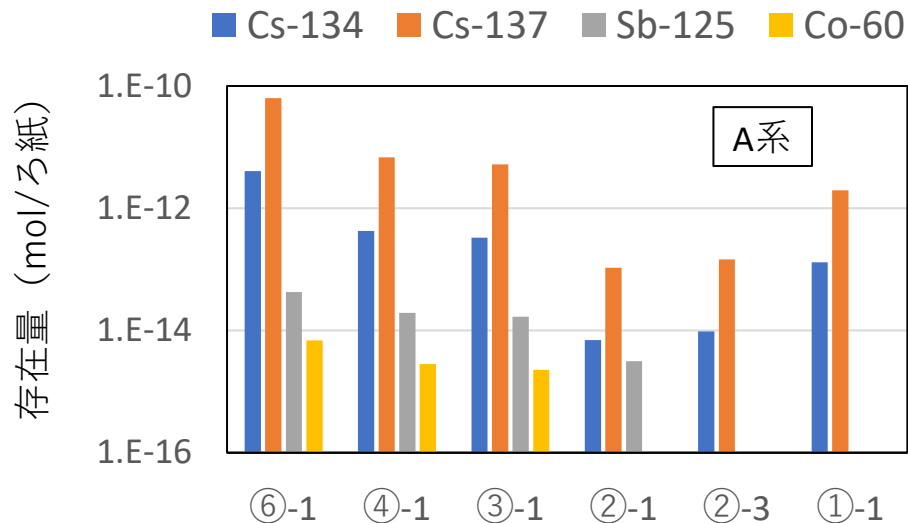
元素分析



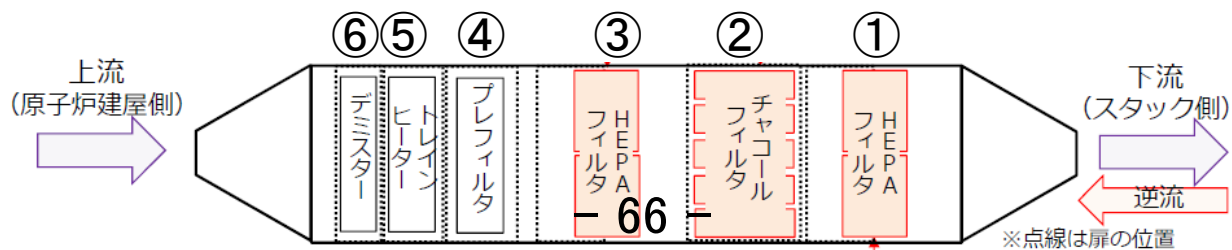
- 2号機原子炉建屋5階におけるU同位体/Cs-137比は、4階及び1階よりも高く(Pu、Amも同様の傾向; 参考資料)、東京電力HDが取得した同5階養生シートの分析結果\*と概ね整合。
- 5階壁面スミヤ試料のSEM分析において、粒径1 $\mu$ m程度のU及びZr等を含む微粒子を観察。東京電力HDによる5階養生シートの分析においても、U・Zr含有粒子が観察されている\*。

# SGTSフィルタトレイン試料の分析結果

事故時に減衰補正した値



- 最上流側フィルタ⑥と最下流側フィルタ①の値が高い傾向。
- ⇒順流方向(原子炉建屋側からスタック側)に加えて、格納容器ベント作動時に核種を含むベント気体がフィルタトレインに逆流したことを示唆。



# まとめ

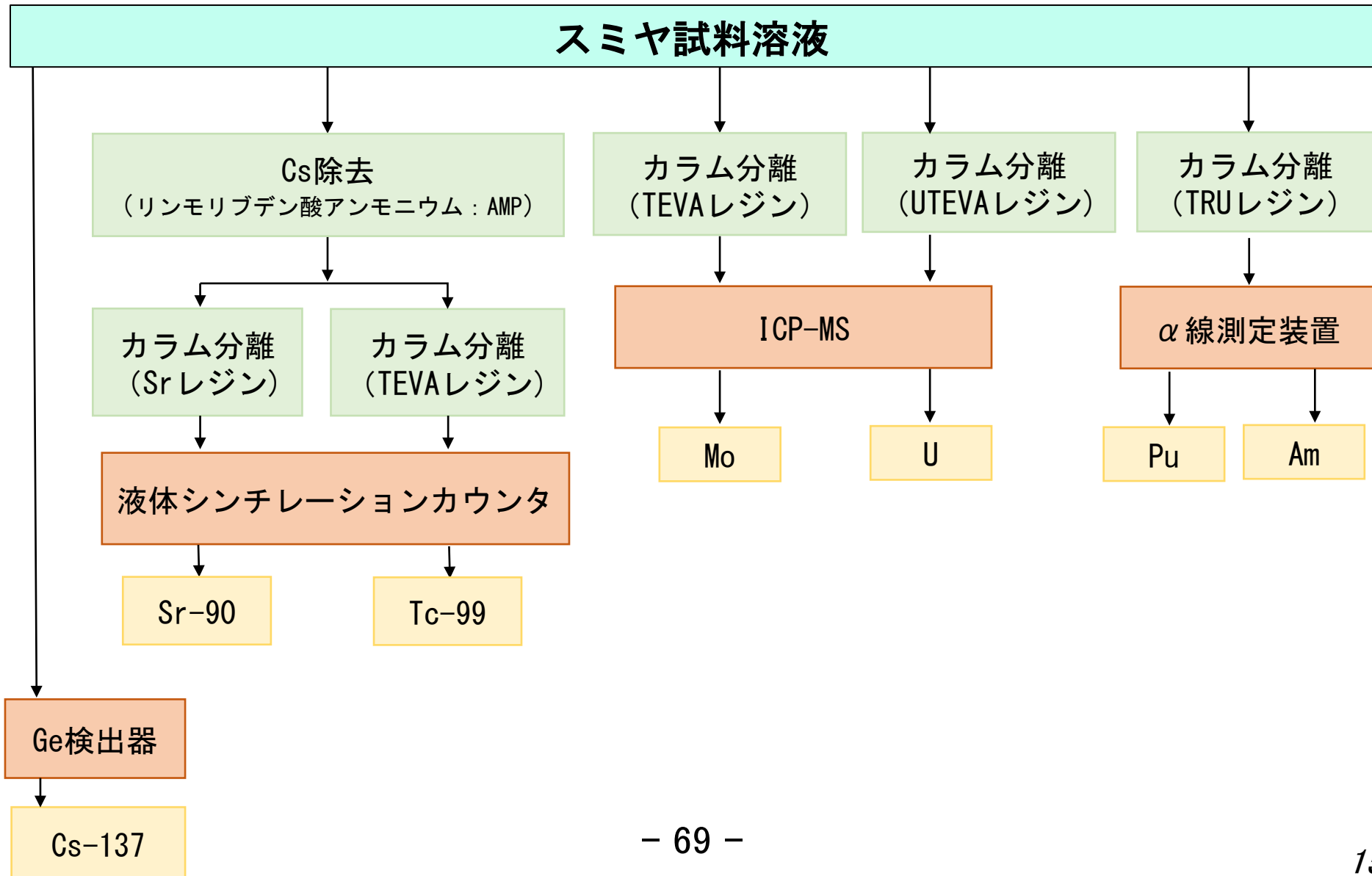
- 2号機原子炉建屋、1/2号機SGTS配管内部および3号機SGTS室フィルターから採取したスミヤ試料について核種分析を実施し、以下を示唆する知見を得た。
  - 燃料からのSb放出は炉心損傷進展時の雰囲気条件に強く依存しない。
  - 2号機におけるCsの主要な化学形が $\text{Cs}_2\text{MoO}_4$ である可能性が高い。
  - 2号機の炉心損傷進展時において酸化性雰囲気条件が支配的であった(1号機及び3号機試料に比べてTc及びMoの放出割合が高い)。
  - 2号機原子炉建屋の5階と下層階(4階及び1階)において、核種(Tc、Mo、U、Pu及びAm)の割合が有意に異なる。
  - 3号機の格納容器ベント作動時にベント気体がSGTSフィルタトレインに逆流した可能性が高い。
- 更なる検討を進めるために、以下の分析が必要であると考える。
  - 各号機の原子炉建屋内における沈着特性の評価を目的に、1号機及び3号機原子炉建屋のスミヤ試料を分析する。
  - 2号機原子炉建屋2階及び3階のスミヤ試料を分析し、5階と下層階の差異をより明確にするとともに、その要因を探る。

---

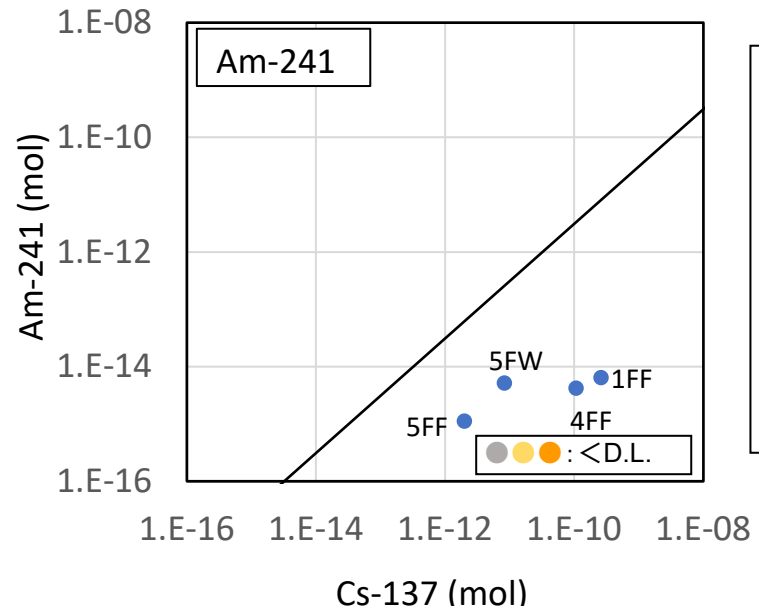
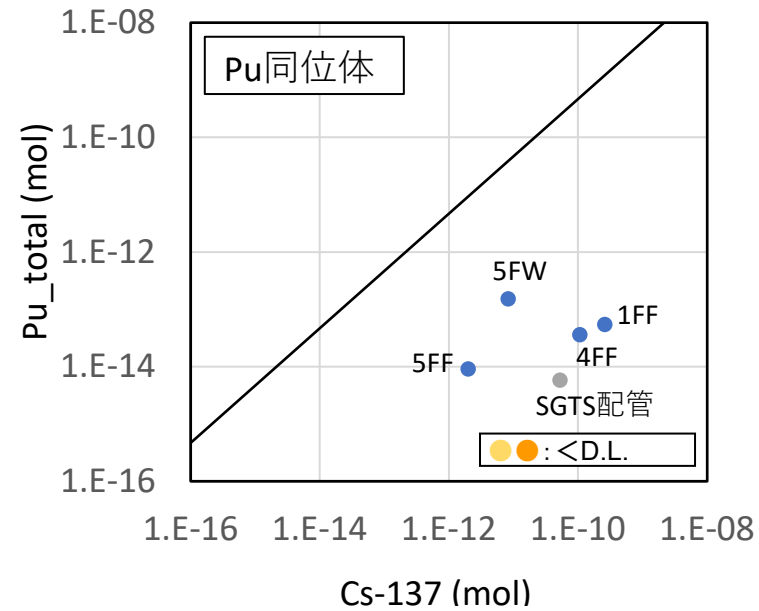
---

以下、参考資料

# 分析フロー



# スミヤろ紙溶液の分析結果 (Pu同位体、Am-241)



- : 1/2号機SGTS配管
- : 1/2号機共用スタック  
基部ドレンサンプル水  
(参考)
- : 2号機原子炉建屋
- : 3号機SGTSフィルタ  
トレイン
- : ORIGEN2による  
初期インベントリ比  
の計算値(傾き1)

## 現地調査の実施状況について

- （ ・ 1号機原子炉建屋4階調査、
- ・ 3号機RHR配管滞留ガス調査関係（福島第一5号機）、
- ・ 2号機シールドプラグ変形調査関係（敦賀1号機）、
- ・ PCV内ケーブル調査関係（敦賀1号機） ）

2022年4月26日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

( 1 ) 1号機原子炉建屋4階調査について  
(2022年4月15日)



## (1) 1号機原子炉建屋4階調査について

### (1) 目的

事故時に発生した水素爆発について、爆発が発生した状況や影響等に関してより詳細な検討を行うため、水素爆発の痕跡の有無、原子炉建屋の天井や梁、非常用復水器(IC)の損傷状況等を確認するために、1号機原子炉建屋4階を中心に調査を実施した。

### (2) 場所

- ① 1号機原子炉建屋

### (3) 調査日

2022年4月15日

## (1) 1号機原子炉建屋4階調査の実施概要

### (4) 調査実施者

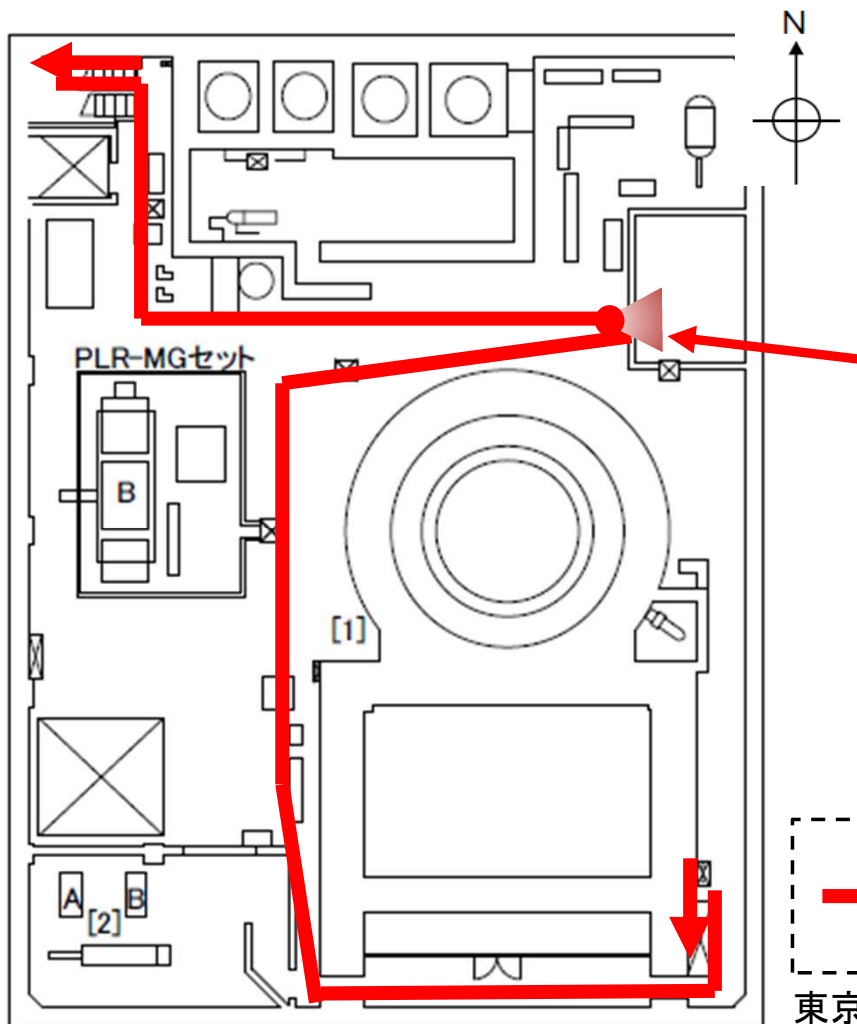
2022年4月15日 山中原子力規制委員会委員  
原子力規制庁職員 5名

### (5) 被ばく線量

2022年4月15日 最大: 2.1 mSv、最小: 1.8 mSv

※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

# ○建屋内調査(1号機原子炉建屋3階)[1/7]

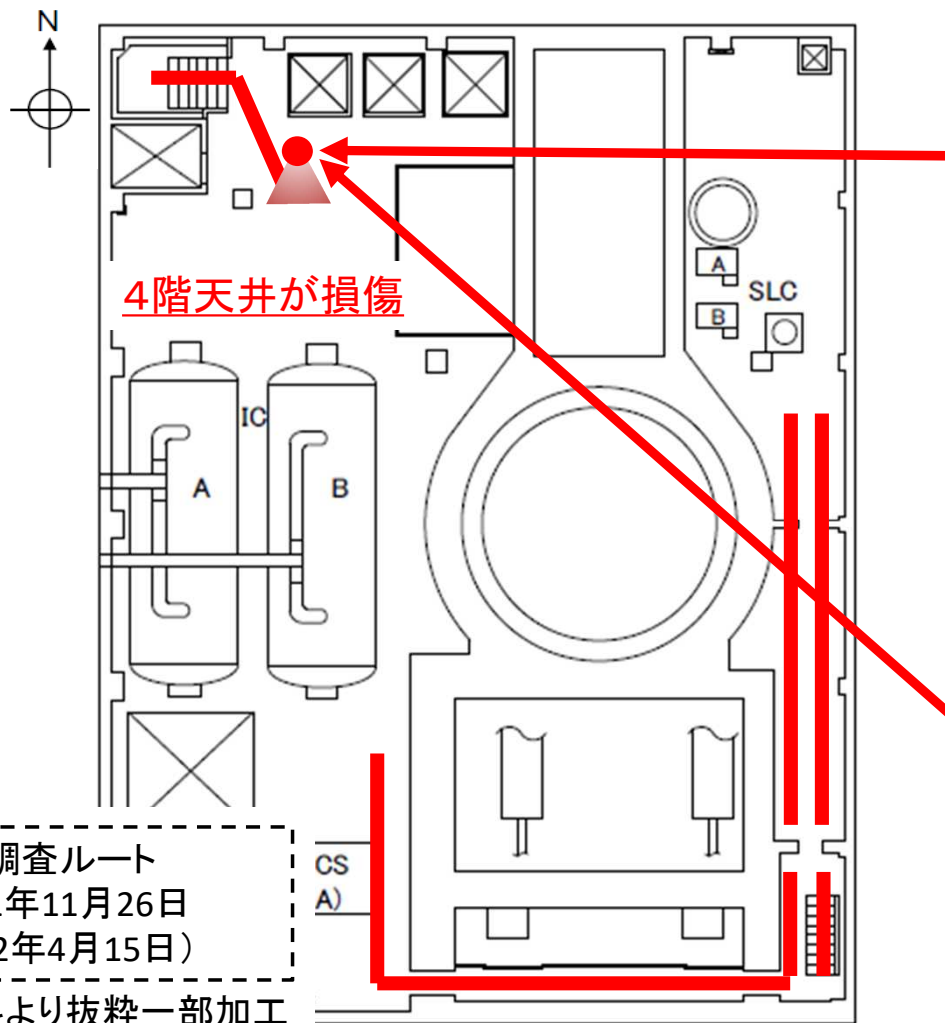


2021年11月26日原子力規制庁撮影

— 現地調査ルート  
(2021年11月26日)  
東京電力資料より抜粋一部加工

室内に向かって扉等が破損

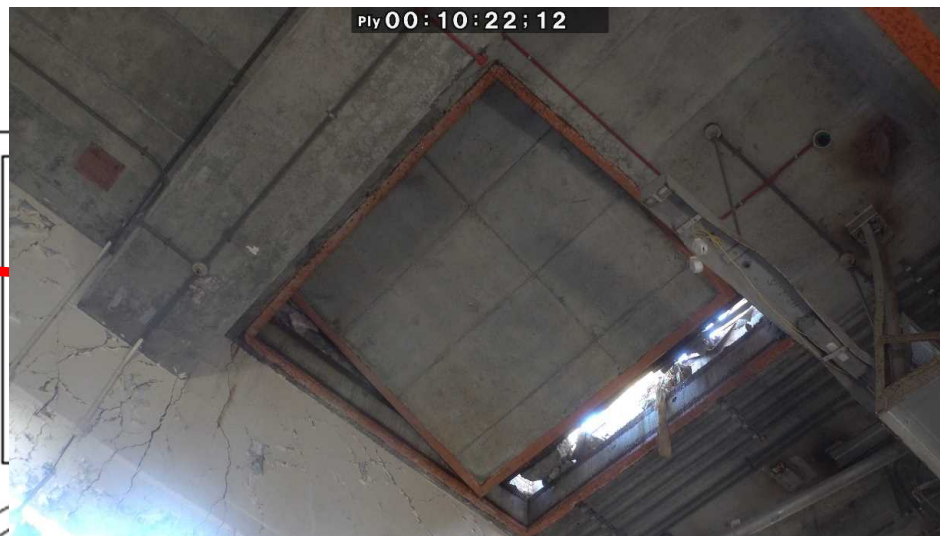
○建屋内調査(1号機原子炉建屋4階)[2/7]



2021年11月26日原子力規制庁撮影

# ○建屋内調査(1号機原子炉建屋4階)[3/7]

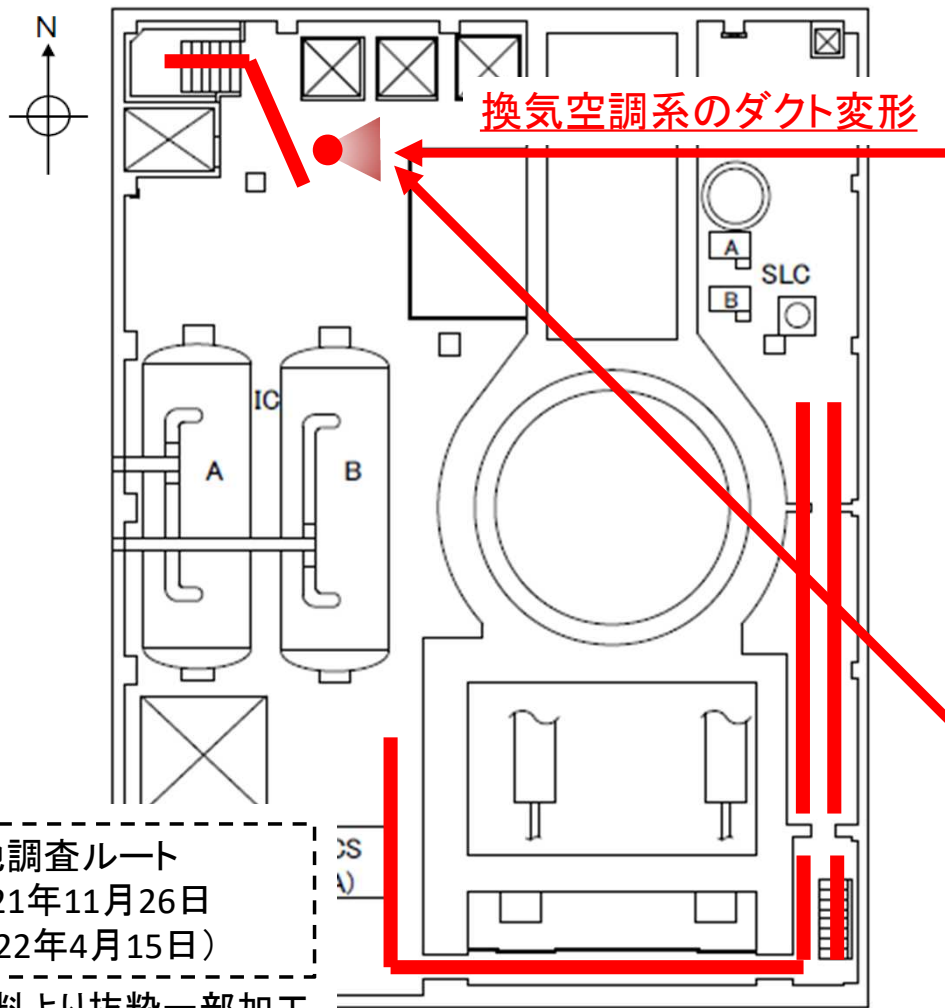
4階天井ハッチのずれ及び4階天井部の  
の梁の損傷



現地調査ルート  
(2021年11月26日  
2022年4月15日)

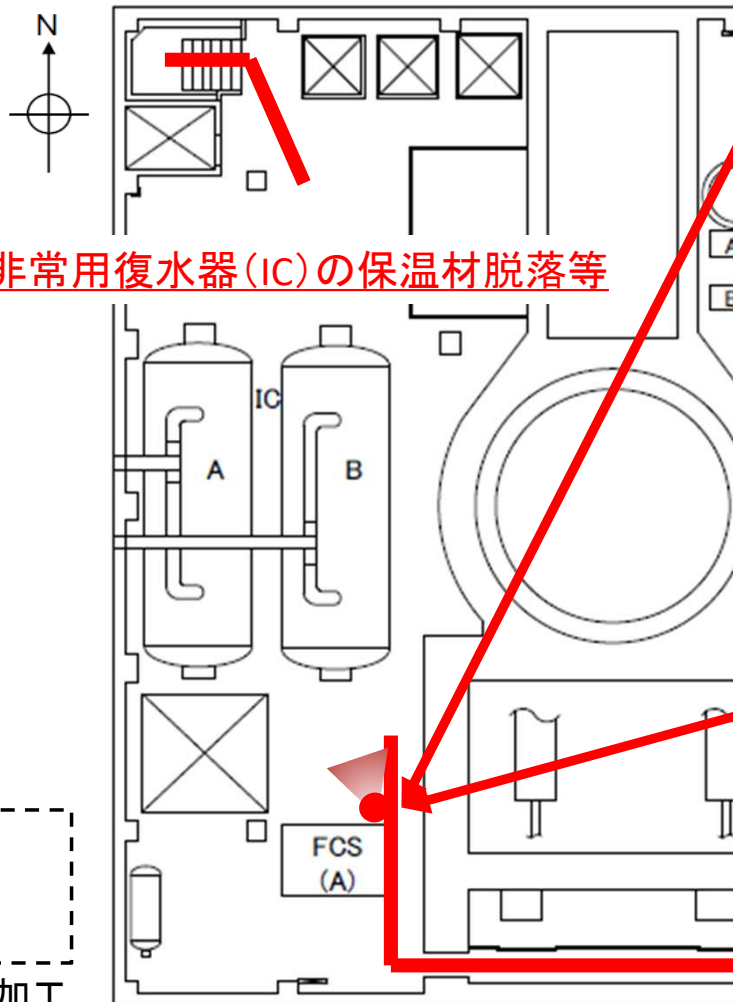
2021年11月26日原子力規制庁撮影

○建屋内調査(1号機原子炉建屋4階)[4/7]



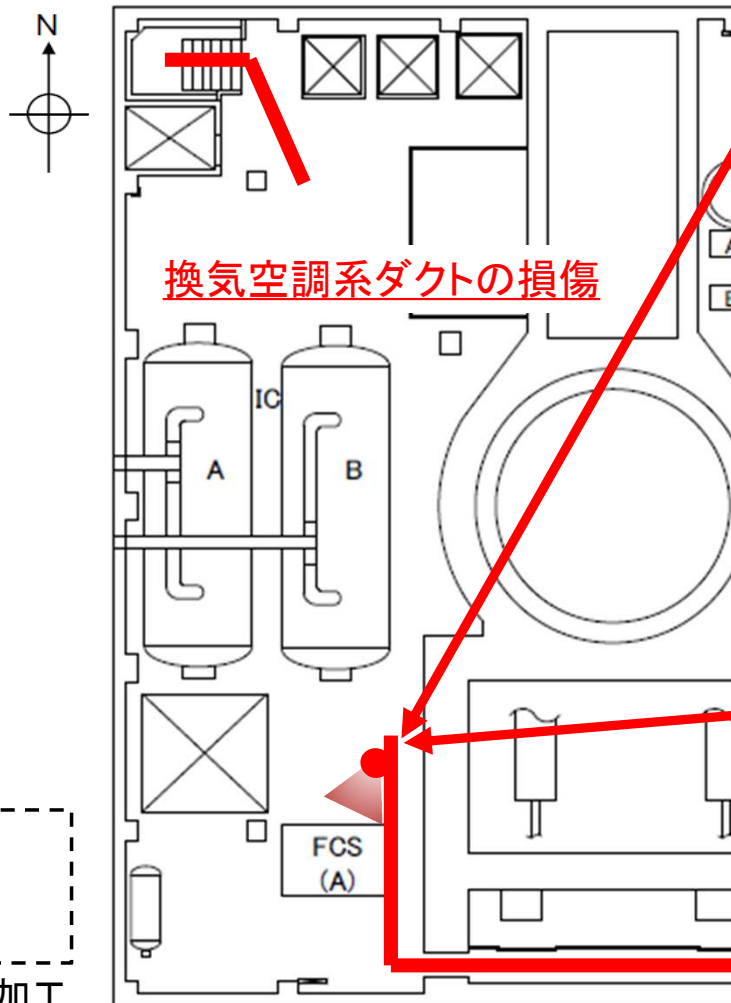
2021年11月26日原子力規制庁撮影

# ○建屋内調査(1号機原子炉建屋4階)[5/7]



2021年11月26日原子力規制庁撮影

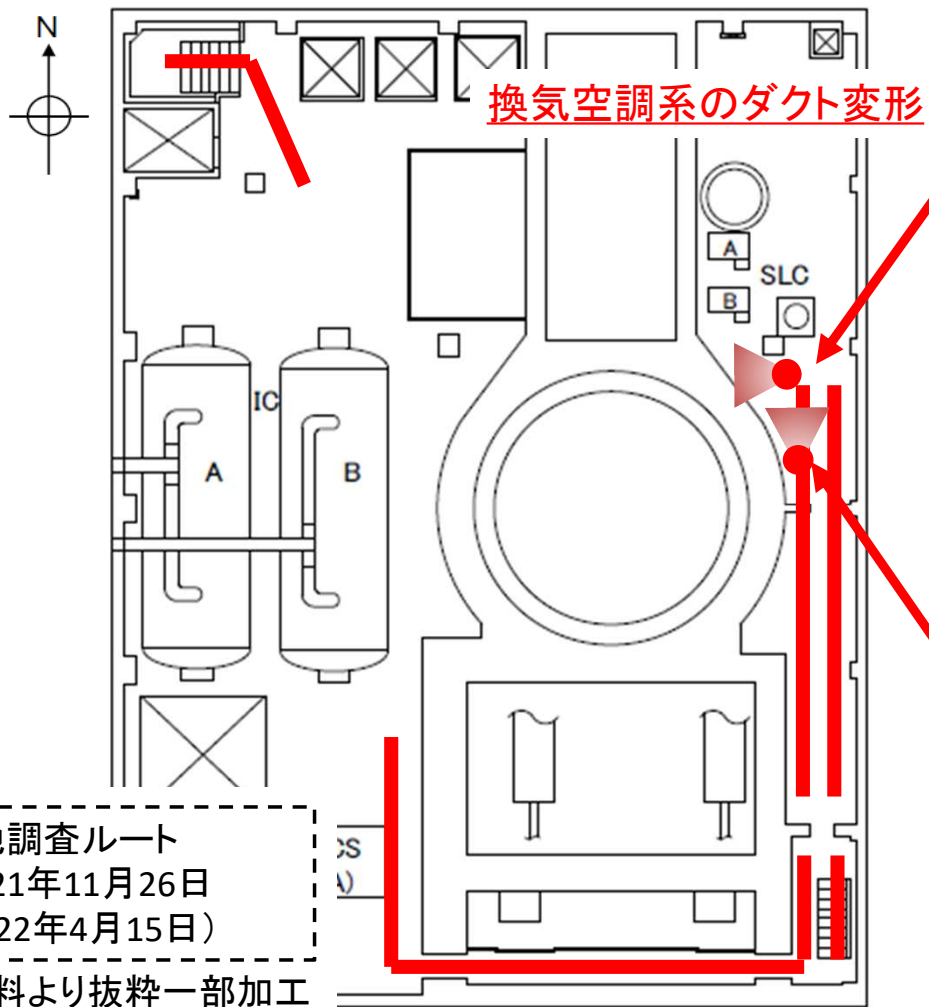
○建屋内調査(1号機原子炉建屋4階)[6/7]



2022年4月15日原子力規制庁撮影



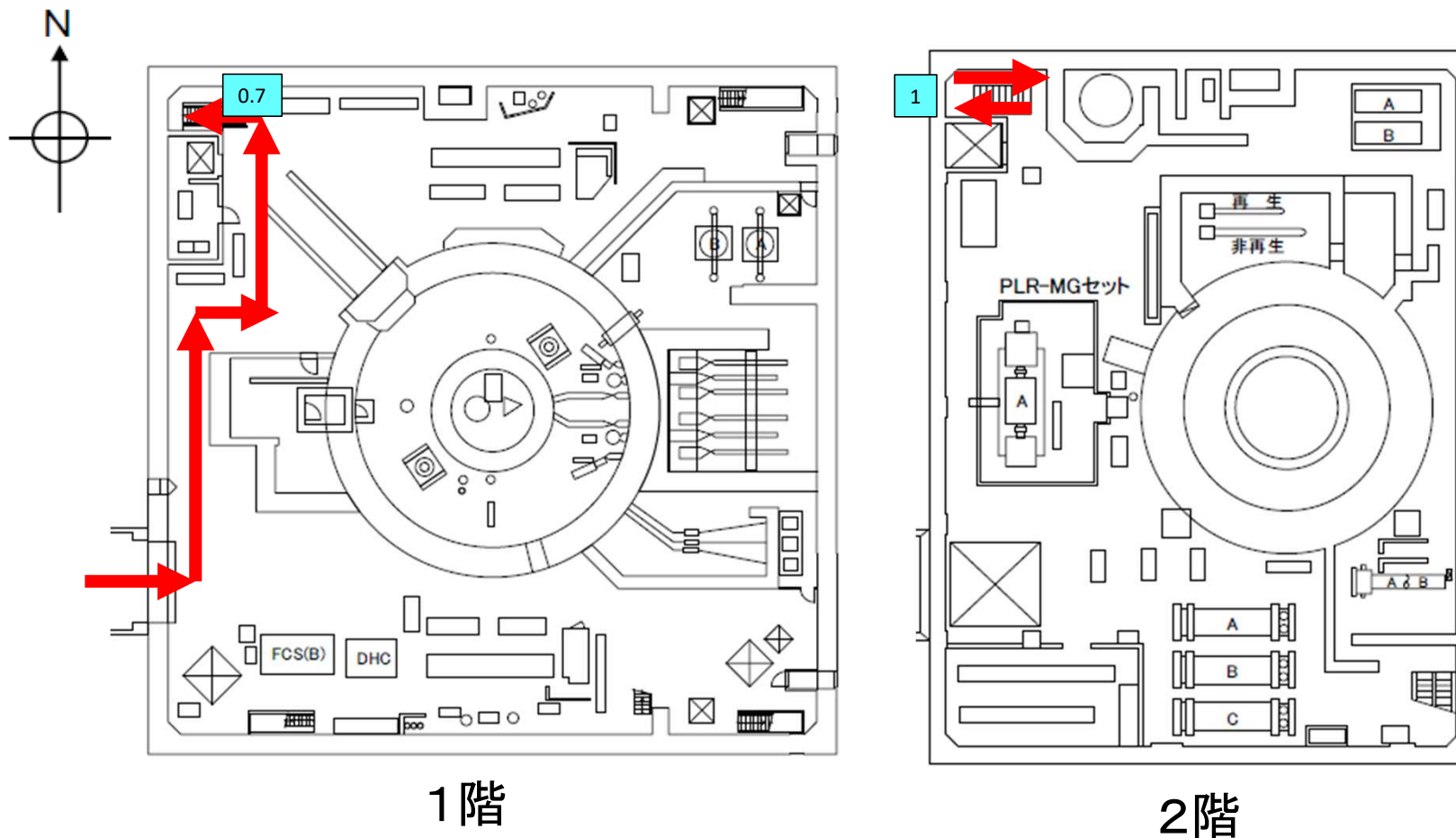
○建屋内調査(1号機原子炉建屋4階)[7/7]



2022年4月15日原子力規制庁撮影

# ○線量測定結果(1号機原子炉建屋1階及び2階)

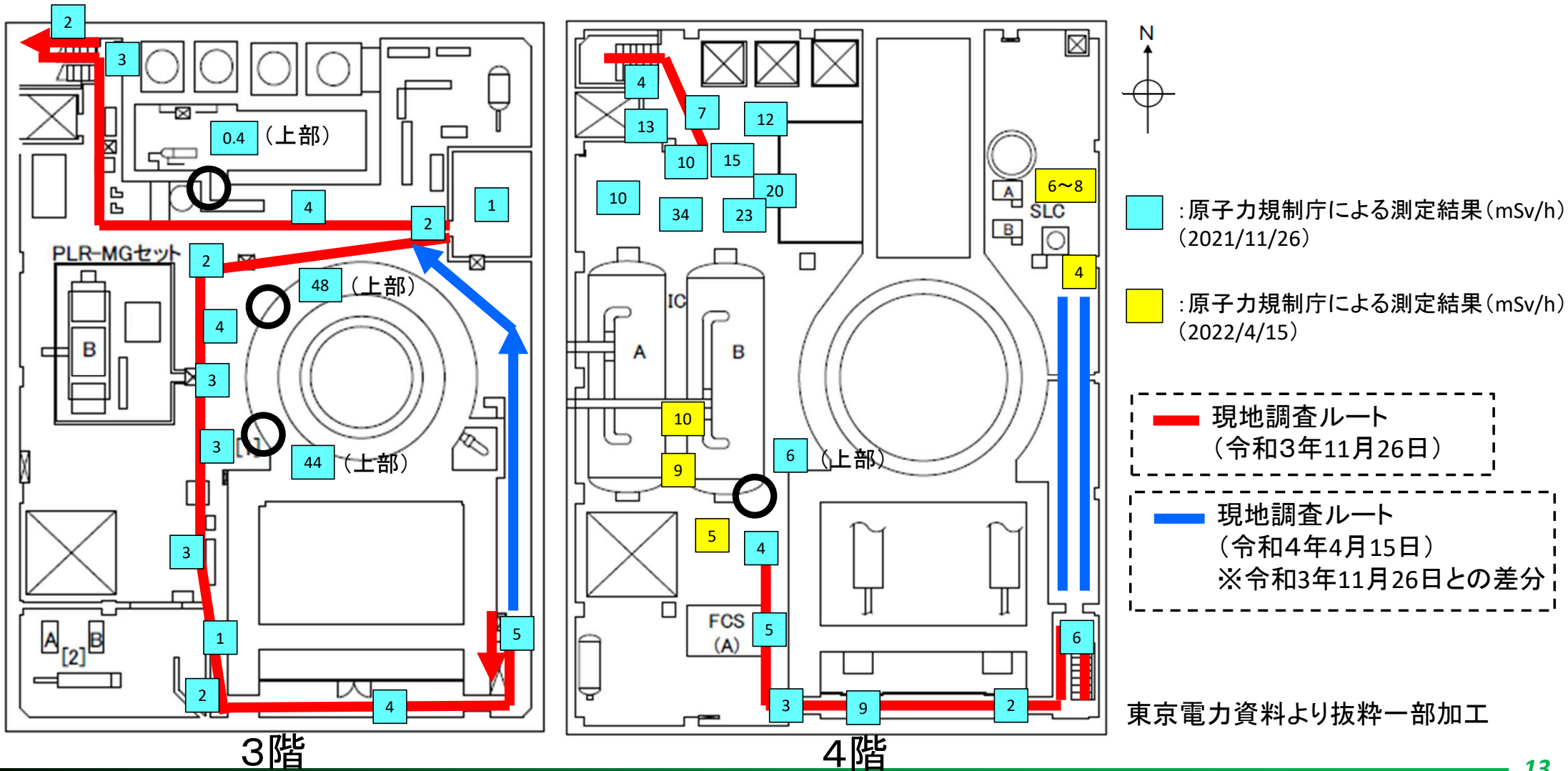
■ : 原子力規制庁による測定結果(mSv/h) (2021/11/26)



— 現地調査ルート  
(令和3年11月26日)

東京電力資料より抜粋一部加工

### ○線量測定結果(1号機原子炉建屋3階及び4階)



(2) 3号機RHR配管滞留ガス調査関係（福島第一  
5号機）について  
(2022年3月3日、4月14日)

## (2) 3号機RHR配管滞留ガス調査関係について

### (1) 目的

3号機の残留熱除去系(RHR)熱交換器(A)及び配管における廃炉作業において、水素及びKr-85を含む可燃性ガスが滞留していることが確認された。東京電力は、当該滞留ガスの試料採取を行うとともに、東京電力福島第一原子力発電所事故当時にS/C又はD/Wからのガスが流入したものと推定している。

当該滞留ガスがどのようなメカニズムにより、RHR熱交換器廻りの配管内に蓄積したのか検討を進めるため、3号機RHRと同様の系統構成を有する5号機RHR配管の調査を行った。

### (2) 場所

- ①5号機原子炉建屋

### (3) 調査日

2022年3月3日(予備調査)、4月14日

## (2) 3号機RHR配管滞留ガス調査関係の実施概要

### (4) 調査実施者

2022年 3月 3日 原子力規制庁職員 5名(予備調査)

4月14日 山中原子力規制委員会委員

原子力規制庁職員 5名

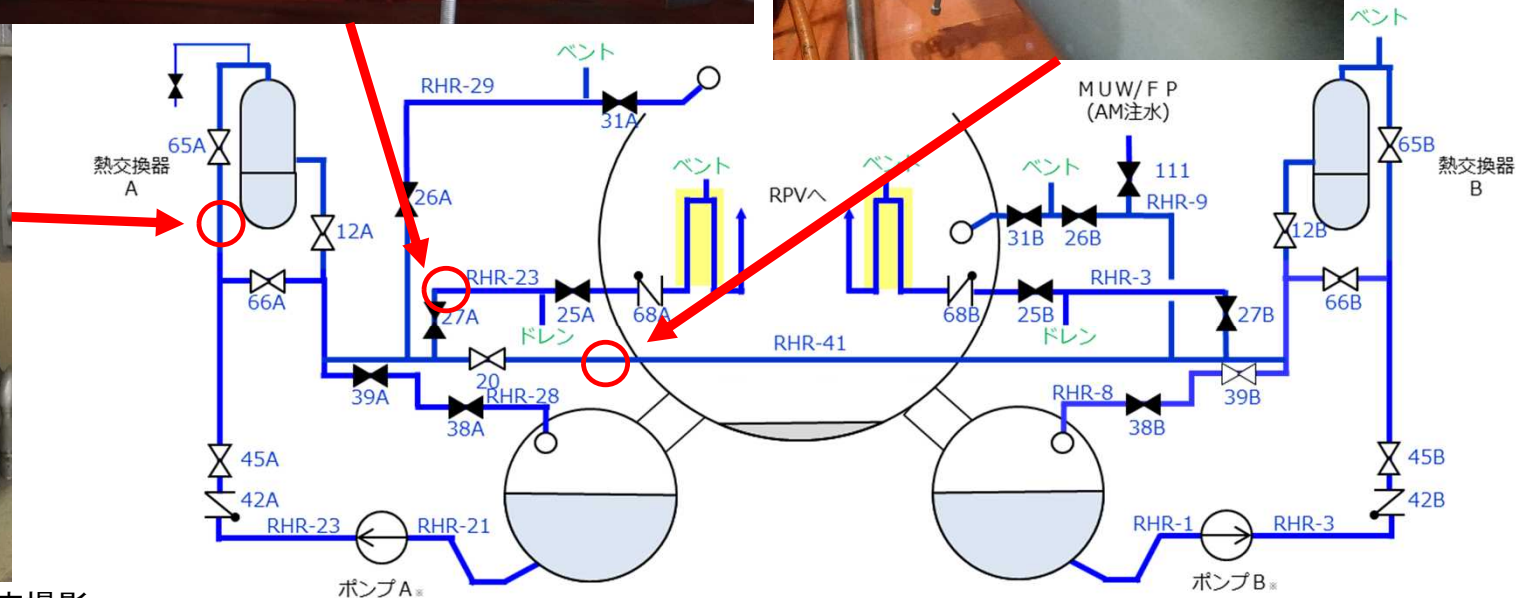
### (5) 被ばく線量

2022年 3月 3日 最大:0.06 mSv、最小: 0.03 mSv(予備調査)

4月14日 最大:0.03 mSv、最小: 0.01 mSv

※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

# ○5号機RHR配管の確認状況

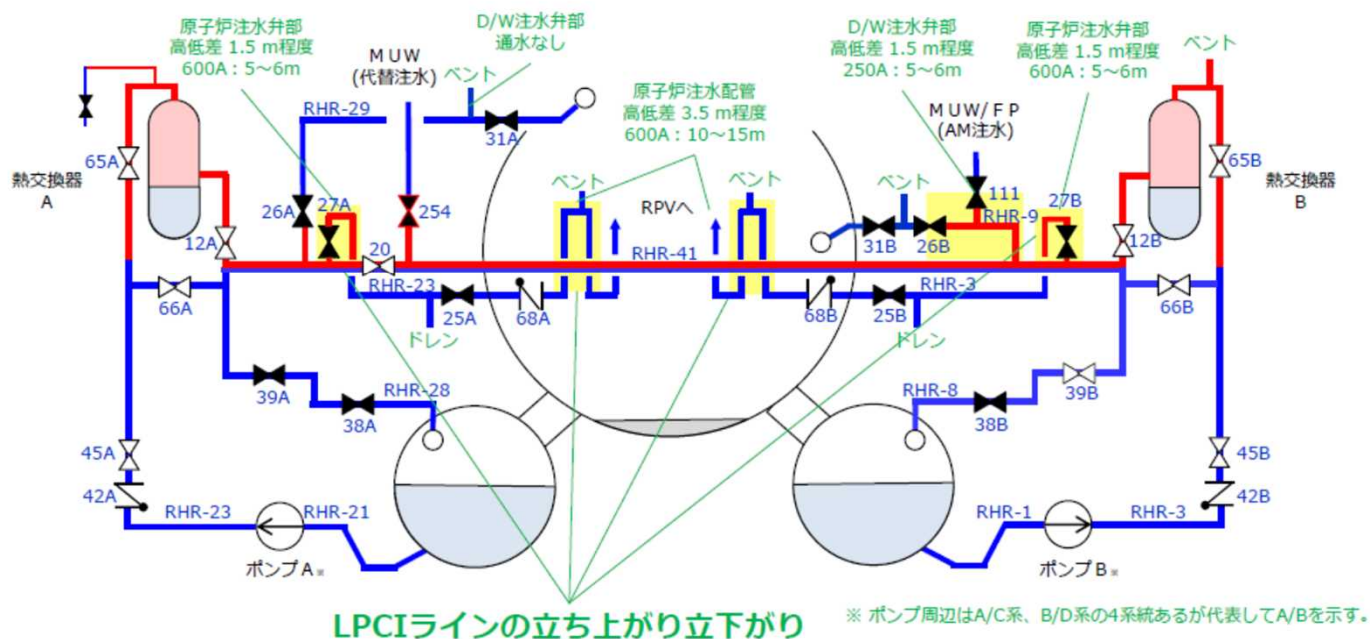


写真は、いずれも2022年4月14日に原子力規制庁撮影

※ ポンプ周辺はA/C系、B/D系の4系統あるが代表してA/Bを示す。

## RHR系統概略図に関わる情報の追加について（1F-3）

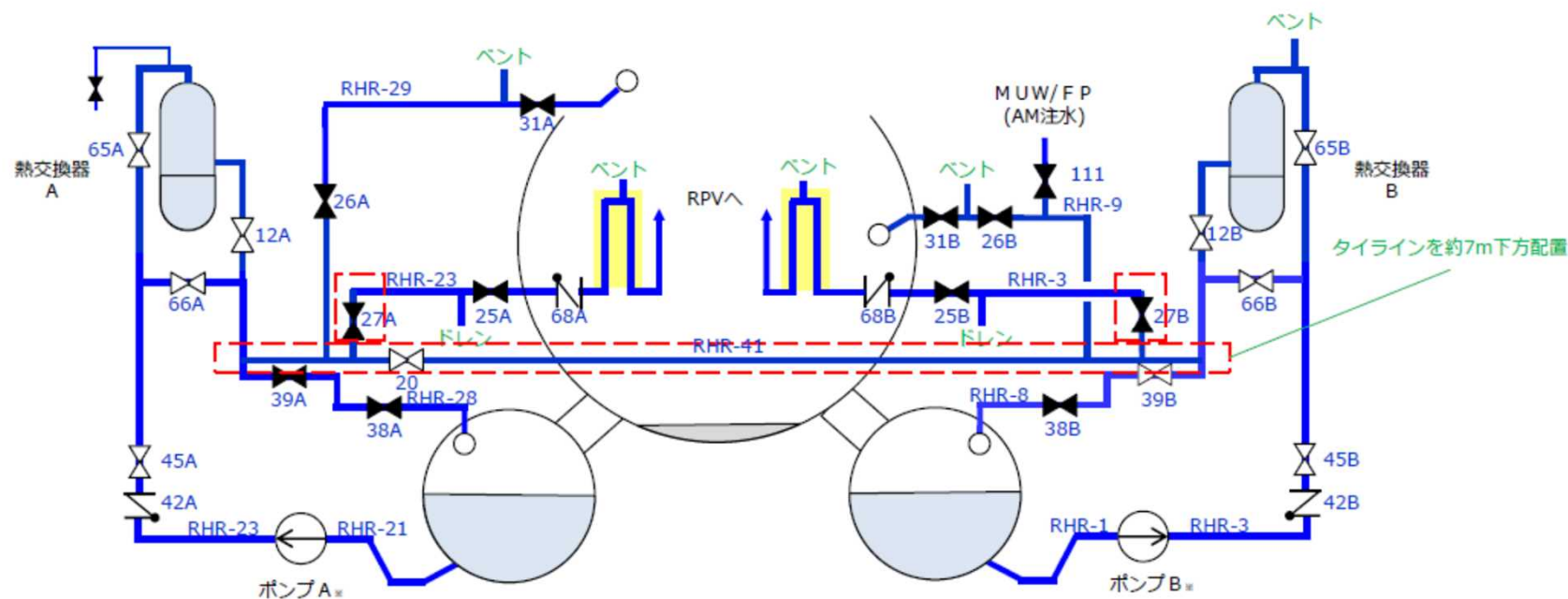
- 水素滞留箇所に関わる深掘りを行う観点から、以下の情報を追加。
  - 一律の勾配（上り/下り）ではなく、立ち上がり・立ち下がりのある部位（ベントライン設置箇所等）
  - 上記部位に関わる概略数値（配管口径、寸法（高さ）と長さ）
- 配管設計の基本として、経路のハイポイントに水張り時のエア抜き用ベント、ローポイントに水抜き用のドレンを設け、それ以外にエア・システム水が滞留がしないようなレイアウトとする。そのため、ベント近傍には水素が滞留し得るハイポイントが形成されている。
- その他、弁を水封したい等の理由により、低圧注水系（LPCI）ラインの一部に立ち上がり・立ち下がり部の組み合わせが存在。





## RHR系統概略配置(1F-5)の1F-3との相違点

- RPV/PCV/RHR熱交換器の配置（エレベーション）及びペネ位置はほぼ同様
- 主な相違点を以下に示す。
- RHR-A系/B系のタイラインは1F-3より約7m低い位置に配置。（トールス室内）
- タイラインの低位置化に伴い、D/Wスプレー、低圧注水系(LPCI系)の縦配管を延長



※ ポンプ周辺はA/C系、B/D系の4系統あるが代表してA/Bを示す。

(3) 2号機シールドプラグ変形調査関係  
(敦賀1号機) について  
(2022年4月8日)

### (3) 2号機シールドプラグ変形調査関係について

#### (1) 目的

2021年12月に実施した2号機シールドプラグの形状測定結果を基にシールドプラグの変形の可能性を検討するため、比較検討用に3Dレーザースキャナーによる福島第一5号機シールドプラグ及び島根1号機シールドプラグの形状測定を実施した。

今回、敦賀発電所1号機のシールドプラグについて、形状測定(3Dレーザースキャナーによる測定)を行った。

#### (2) 場所

①敦賀発電所1号機原子炉建屋

#### (3) 調査日

2022年4月8日(3Dレーザースキャン)

### (3) 2号機シールドプラグ変形調査関係の実施概要

#### (4) 調査実施者

2022年 4月 8日 原子力規制庁職員 5名(敦賀1号機調査)

#### (5) 被ばく線量

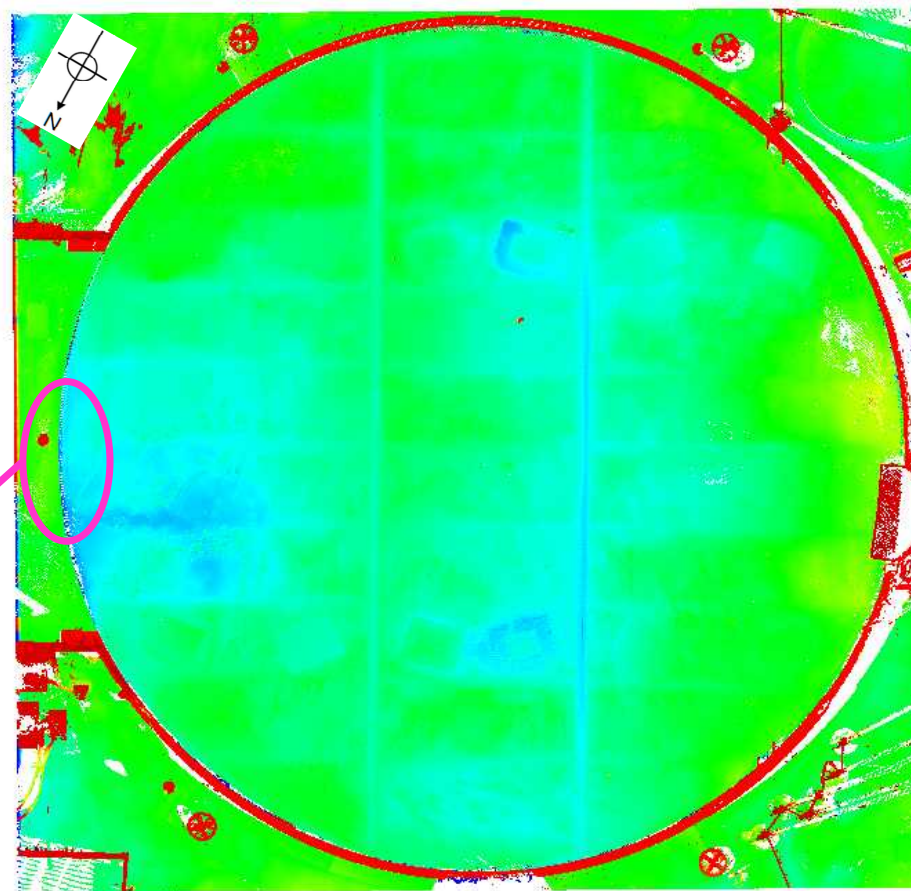
2022年 4月 8日 - mSv (敦賀1号機調査)

## ○ 敦賀発電所1号機シールドプラグの形状測定 (各測定点の高低差による分析)

- 全体的に平坦
- DSピット側(図の左側)は、やや落ち込んでいる傾向が見られる(シールドプラグ中心と比較して、最大で4cm程度)(下の写真参照)。
- パーツ間の高低差はほとんどない。
- パーツ間のすき間は最大1.5cm程度。



写真は、2022年4月8日に原子力規制庁調査時に日本原子力発電が撮影



(単位: mm)

50

25

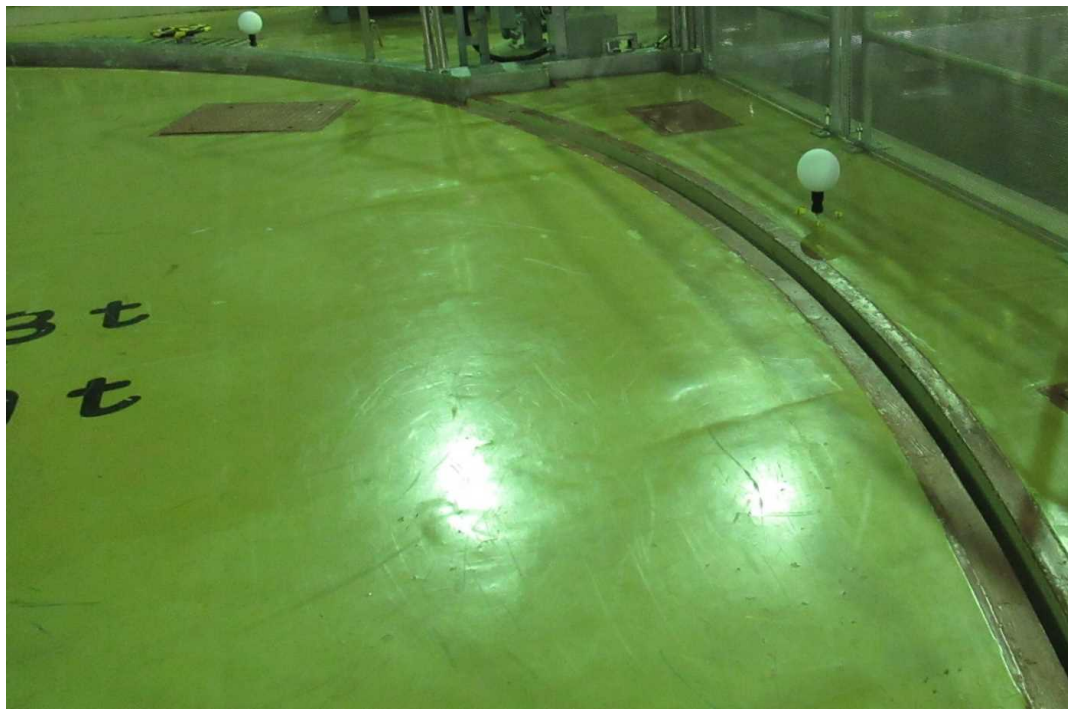
0

-25

-50

※株式会社富士テクニカルリサーチの協力の下、「Galaxy-Eye」により分析

## シールドプラグ表面の状況(敦賀1号機)



写真は、2022年4月8日に原子力規制庁  
調査時に日本原子力発電が撮影



2022年4月8日に原子力規制庁撮影

表面を拡大

## シールドプラグの形状比較 (1F2号機、1F5号機及び敦賀1号機の比較)

(単位: mm)

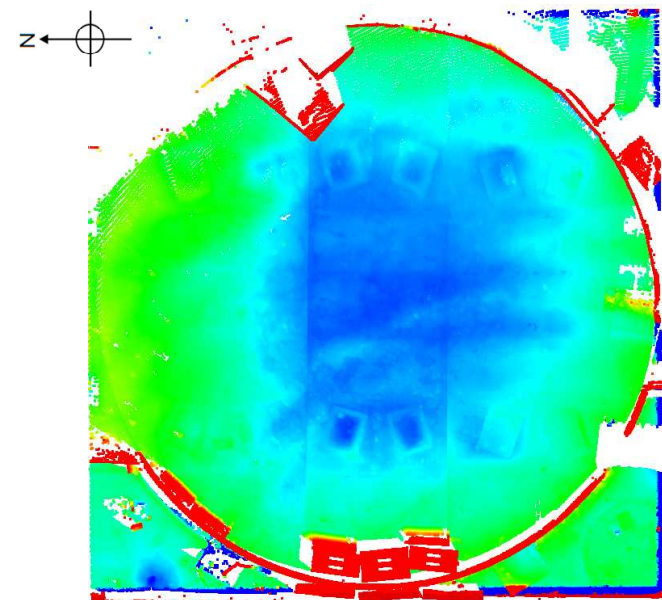


図2-1 1F2号機シールドプラグ  
の変形状況

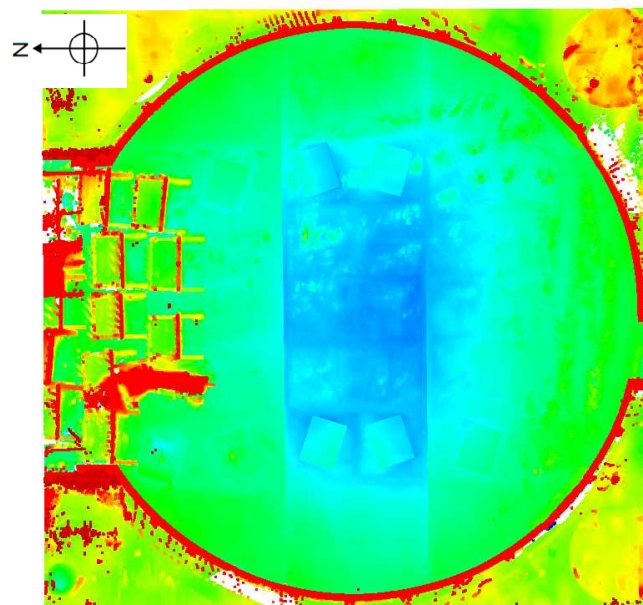


図2-2 1F5号機シールドプラグ  
の変形状況

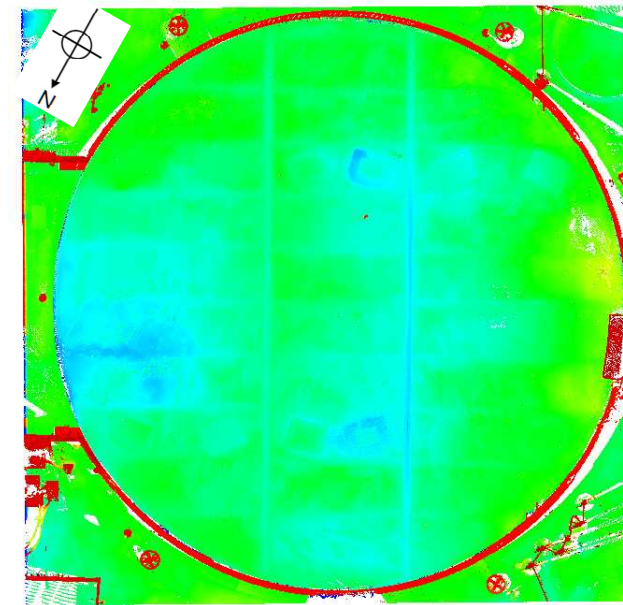


図2-3 敦賀1号機シールドプラグ  
の変形状況

※: 株式会社富士テクニカルリサーチの協力の下、「Galaxy-Eye」により分析

## (4) PCV内ケーブル調査関係 (敦賀1号機)

について

(2022年4月8日)



## (4) PCV内ケーブル調査関係について

### (1) 目的

福島第一原子力発電所3号機の水素爆発時に生じたと考えられる可燃性ガスの発生源の検討に資するために、ケーブル加熱試験等に用いた原子炉格納容器内のケーブル、保温、塗料材等の試料について、福島第一5号機原子炉格納容器内及び島根原子力発電所1号機原子炉格納容器内の同様のケーブルや保温材等の敷設状況の確認を行った。

今回、日本原子力発電株式会社敦賀発電所1号機の原子炉格納容器内のケーブル、保温材、塗料等の敷設状況を確認した。また、原子炉建屋2階の非常用復水器隔離弁及び4階非常用復水器の状況確認を行った。

### (2) 場所

- ① 敦賀1号機原子炉格納容器内

### (3) 調査日

2022年4月8日(原子炉格納容器内調査)

## (4) PCV内ケーブル調査関係の実施概要

### (4) 調査実施者

2022年 4月 8日 原子力規制庁職員 5名(敦賀1号機調査)

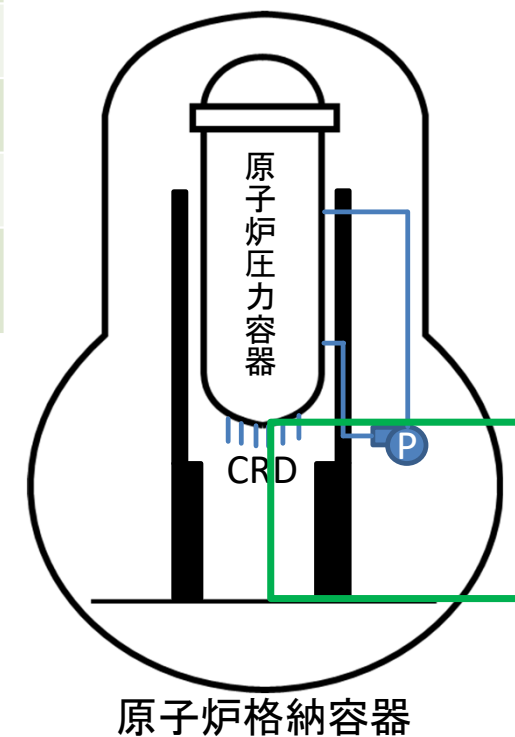
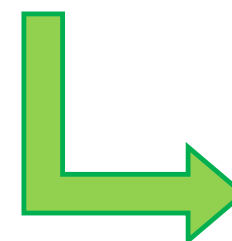
### (5) 被ばく線量

2022年 4月 8日 - mSv (敦賀1号機調査)

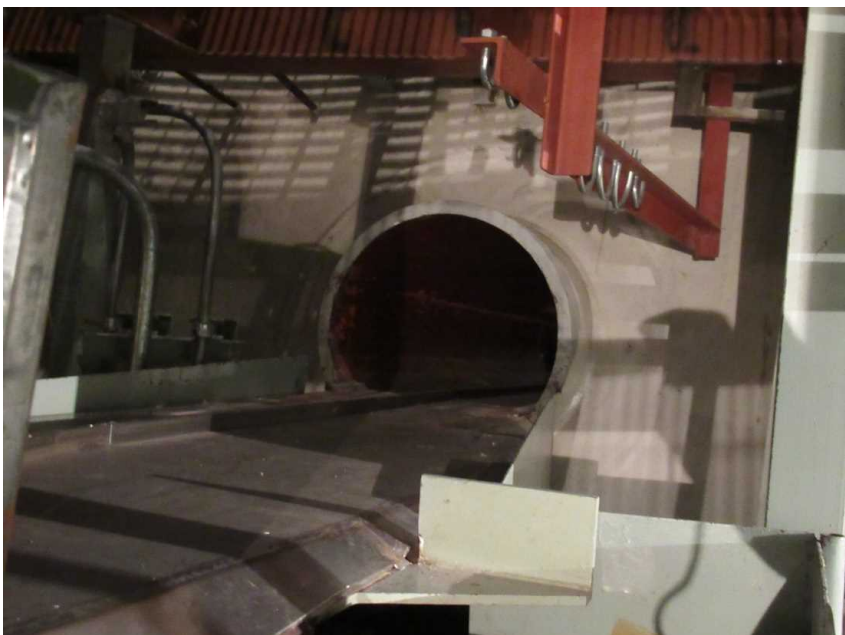
## ○調査箇所（敦賀1号機格納容器内）

No.	対象	場所	備考
1	エポキシ樹脂塗料	ドライウェル内面塗装	ドライウェル内面上塗りに使用 ドライウェル内面下塗りには無機亜鉛塗料を使用
2	ウレタン保温材	原子炉補機冷却水系配管	
3	ポリイミド発泡体保温材	ドライウェル空調用ダクト	
4	エポキシ樹脂塗料	CRD搬入口入口	
5	原子炉再循環ポンプ モータ潤滑油配管	原子炉再循環ポンプ	

その他、日本原電の資料により、格納容器内の  
 ケーブル等の状況及び仕様等の確認を実施。



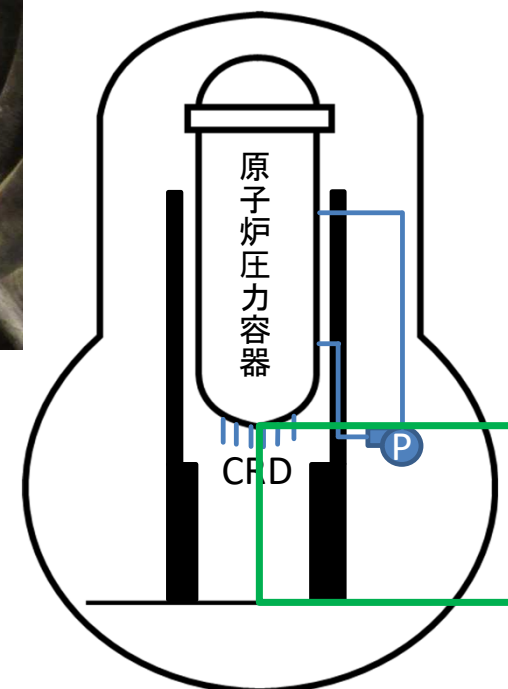
## ○調査箇所（敦賀1号機格納容器内）



CRD搬入口入口



再循環ポンプ動力ケーブル



原子炉格納容器

写真はいずれも2022年4月8日の原子力規制庁調査時に日本原子力発電により撮影。

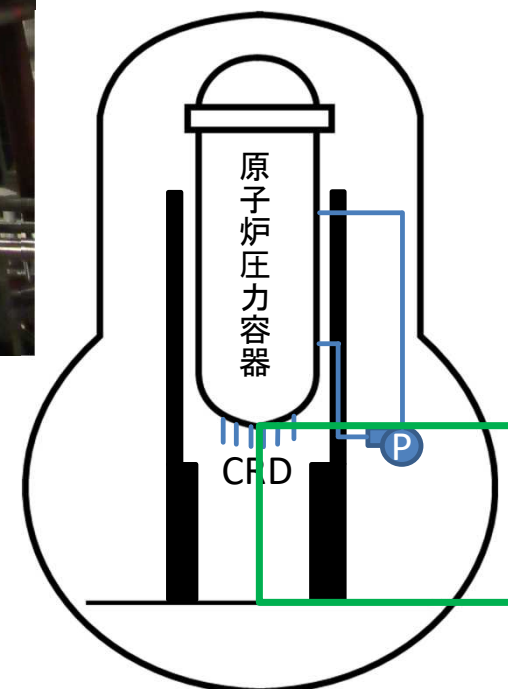
○調査箇所（敦賀1号機格納容器内）



原子炉再循環ポンプ  
モータ潤滑油配管



原子炉再循環ポンプモーター



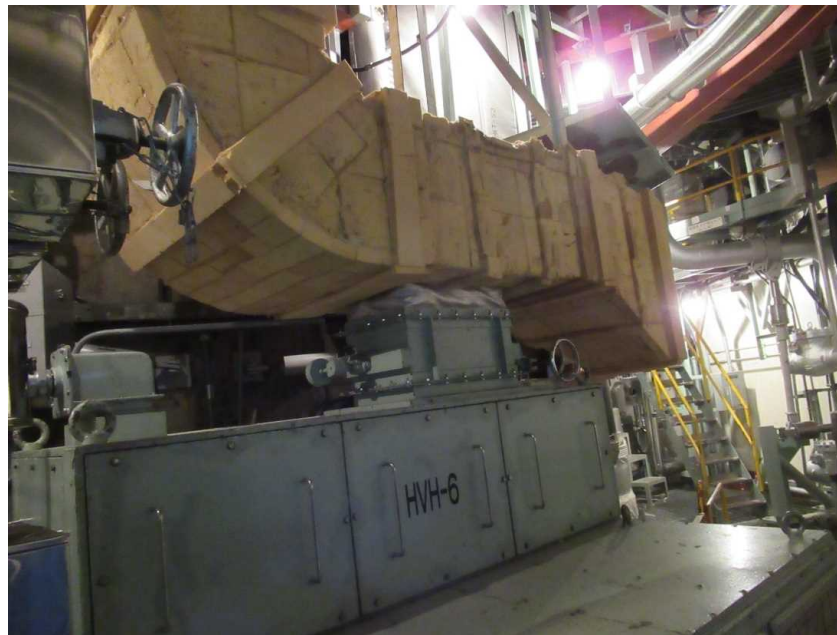
原子炉格納容器

写真はいずれも2022年4月8日の原子力規制庁調査時に日本原子力発電により撮影。

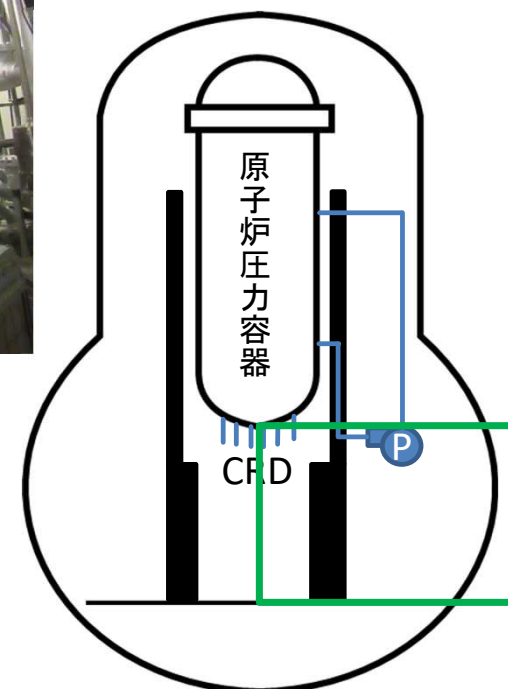
## ○調査箇所（敦賀1号機格納容器内）



ドライウェル床面塗料



ドライウェル空調ダクト



原子炉格納容器

写真はいずれも2022年4月8日の原子力規制庁調査時に日本原子力発電により撮影。

## ○ケーブル加熱試験の試料（福島第一5号機PCV内調査）

No.	種類	評価対象	用途
1	ケーブル	CVケーブル 絶縁体：架橋ポリエチレン シース：難燃性特殊耐熱ビニル	・高圧動力用ケーブルに使用
2	ケーブル	PNケーブル 絶縁体：難燃性エチレンプロピレンゴム シース：特殊クロロプレンゴム	・制御・計装ケーブルに使用 ・RPV下部に設置
3	ケーブル	同軸ケーブル 絶縁体：ETFE/架橋ポリエチレン シース：難燃性架橋ポリエチレン	・SRNM/LPRMケーブルに使用 ・RPV下部に設置
4	塗料	エポキシ系塗料	・D/W、S/C壁面 上塗り
5	塗料	無機ジンクリッチ塗料	・D/W、S/C壁面 下塗り
6	保温材	ウレタン保温材	・配管保温
7	保温材	ポリイミド保温材	・配管保温

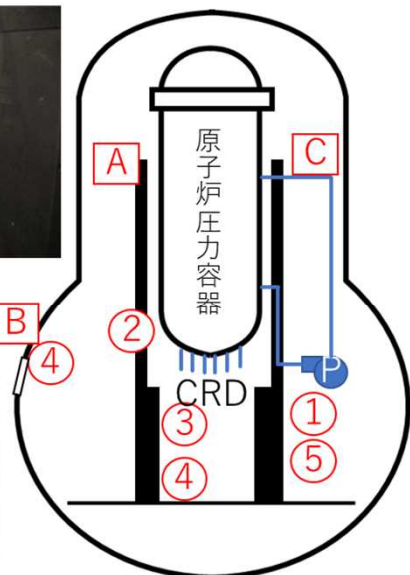
- ➔ 再循環ポンプ動力ケーブル 1 電線管内のため直視不可
- ➔ 原子炉圧力容器底部温度計ケーブル 2
- ➔ SRNM/LPRMケーブル 3
- ➔ ペDESTAL内、X-6ペネ周辺 4
- ➔ 原子炉補機冷却水系配管 5 保温材カバー内のため直視不可
- ➔ 5号機では使用箇所なし



金属保温材  
(生体遮蔽廻り)



X-6ペネ  
(塗料、ペネ内ケーブル)



原子炉格納容器



金属保温材  
(再循環配管廻り)

### 5号機PCV内確認ポイント

- 1 ~ 5 試料の敷設状況等  
( ) はJAEA分析試料
- A ~ C その他の金属保温材や  
X-6ペネ等の状況

保温材カバー内のため直視不可

写真は、5号機原子炉格納容器内  
2021年8月27日原子力規制庁撮影

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第22回会合）資料3-4  
東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第23回会合）資料5-2

## 現地調査時確認事項

- PCV内ケーブル調査関係(福島第一5号機 2022年2月18日)



## ○その他PCV内のケーブル等

現地調査時の確認点	確認内容
① PLRポンプ動力ケーブルのポンプからペネまでの長さ	PLRポンプ(A系)は、13m、14m、13m。 PLRポンプ(B系)は、3本とも22m。
② PCV内で使用されている潤滑油やグリスの有無	PLRポンプ(A系)の上部軸受け潤滑油(FBKタービン油) 170 リットル 同下部軸受けの潤滑油(FBKタービン油) 17 リットル (B系も同様)
③ 電気ペネの本数	高圧ペネが4本、低圧ペネが14本、核計装ペネが4本。合計20本。

東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。

# 1号機 PCV内部調査の状況について

2022年4月26日

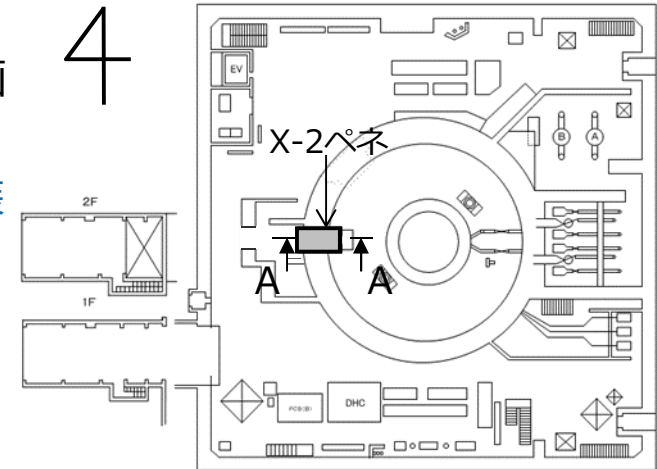
**IRID** **TEPCO**

---

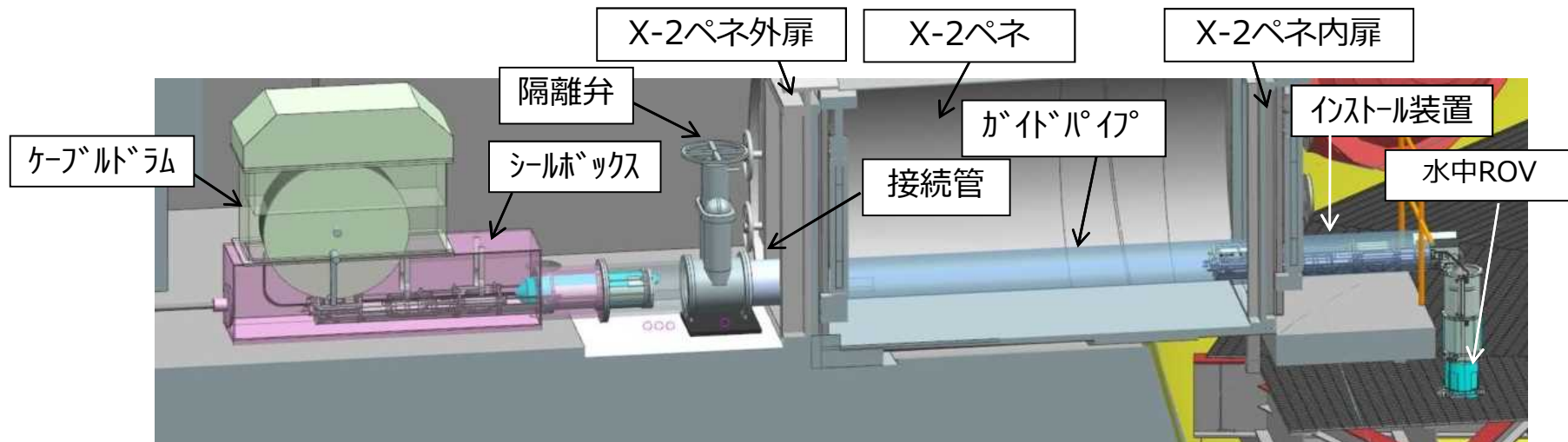
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構  
東京電力ホールディングス株式会社

## 1. PCV内部調査の概要

- 1号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査は、X-2ペネトレーション（以下、X-2ペネ）からPCV内に投入する計画
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類の装置を開発
- 各水中ROVの用途
  - ① ROV-A 事前対策となるガイドリング取付
  - ② ROV-A2 ペDESTAL内外の詳細目視
  - ③ ROV-C 堆積物厚さ測定
  - ④ ROV-D 堆積物デブリ検知
  - ⑤ ROV-E 堆積物サンプリング
  - ⑥ ROV-B 堆積物3Dマッピング



1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

## 2. PCV内部調査の状況

- 2月8日から10日にかけてROV-Aによるガイドリング4個所の取付を完了
- 3月14日からROV-A2によるペDESTAL外周の詳細目視調査を開始
- 3月16日まで調査を継続していたが、福島県沖を震源とする地震影響と考えられるPCV水位の低下が確認されたことから、調査を一時中断
- 3月23日以降、原子炉注水流量の変更操作を継続して実施し、調査に必要な水位確保を目指したが、3月29日時点において水中ROVのカメラに映像不良（浸水によるものと推定）を確認したことから調査を中断
- 現在、代替のROV-A2の投入や、浸水箇所の調査を含めた今後の対応について検討中



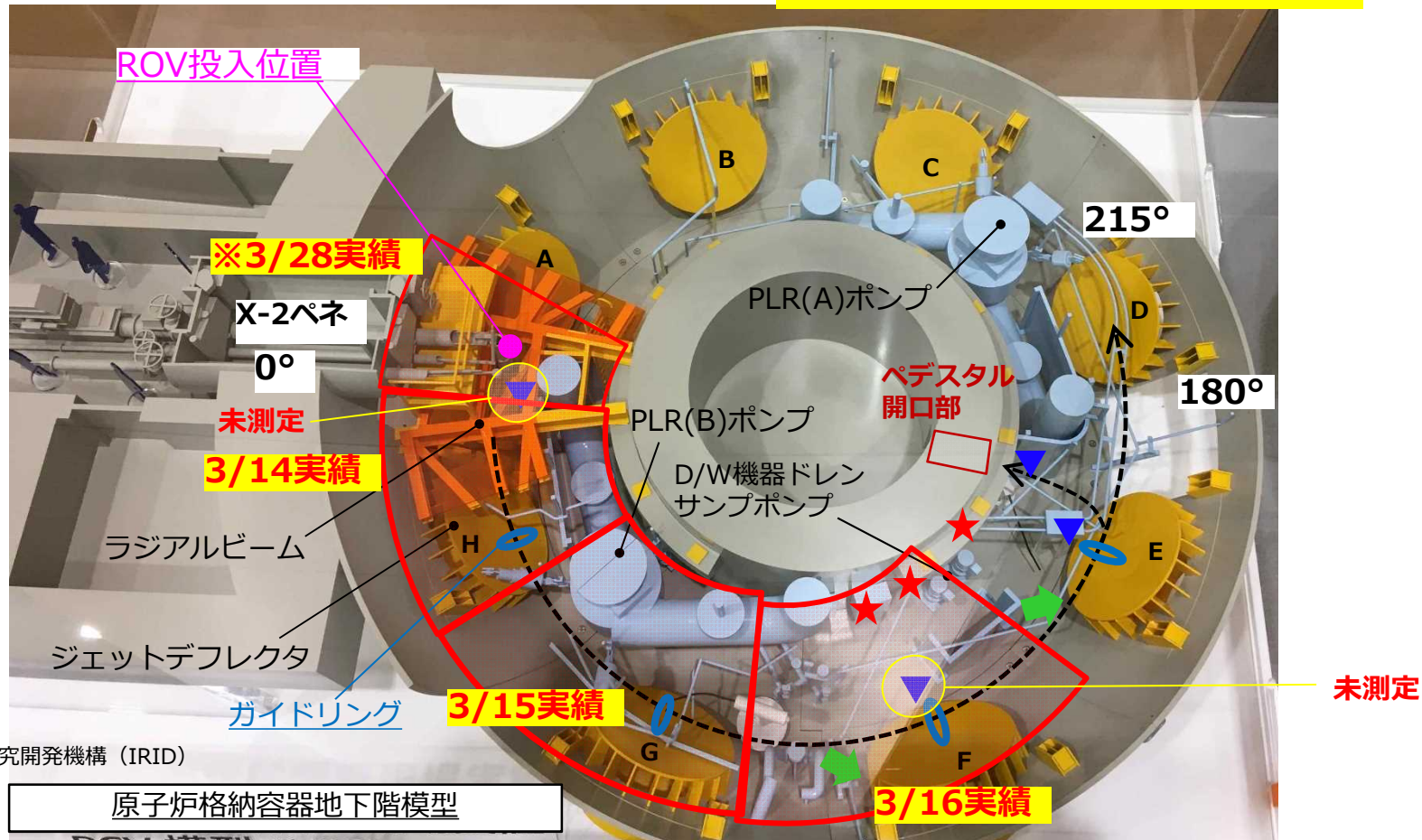
### 3. ROV-A2調査概要と調査実績

- 調査範囲はPCV地下階の0°から215°（ペDESTアル開口部含む）とし、カメラによる目視調査を計画

＜主な調査箇所＞

- 既設構造物の状態確認及び堆積物の広がり状況・高さ・傾斜確認
- ペDESTアル開口部付近の状況及び開口部近傍のコンクリート壁状況（★箇所）
- ジェットデフレクター付近の堆積物状況（↓箇所）
- 堆積物上の中性子束測定（▼箇所）

※3/28は調査可能な範囲について調査を実施



資料提供：  
国際廃炉研究開発機構（IRID）

原子炉格納容器地下階模型

## 4. 調査実績 3/14調査分① 既設構造物など

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

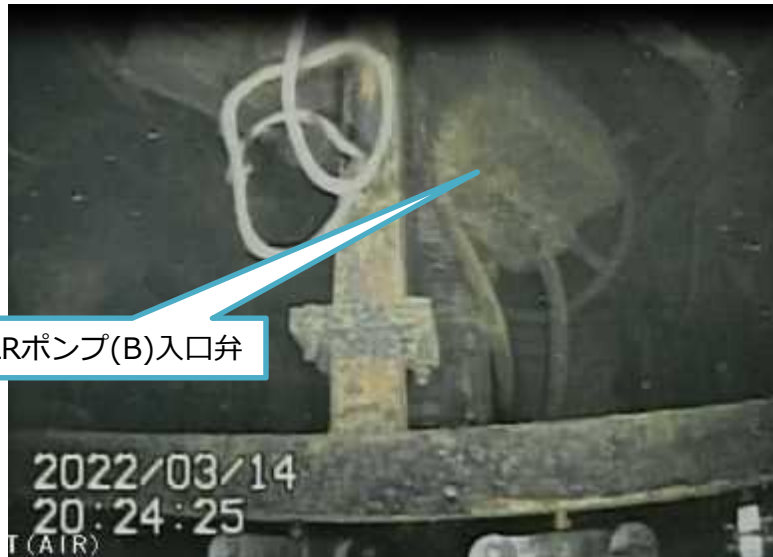


写真1. PLRポンプ(B)入口弁付近の状況

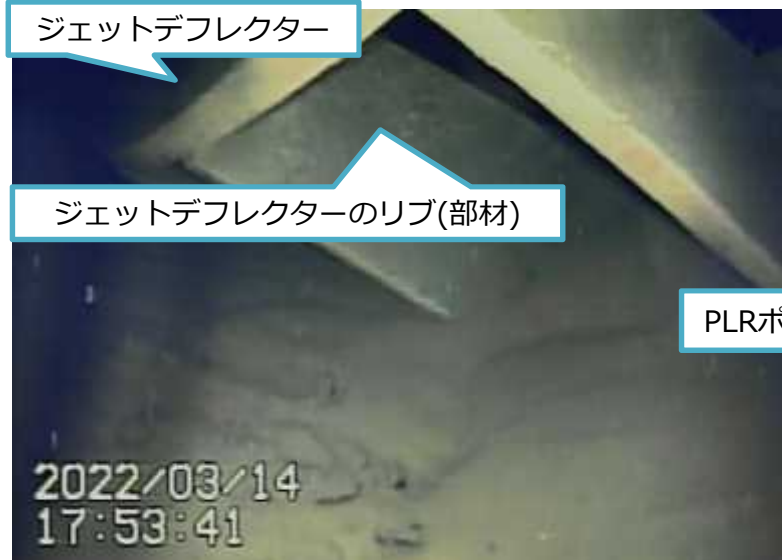
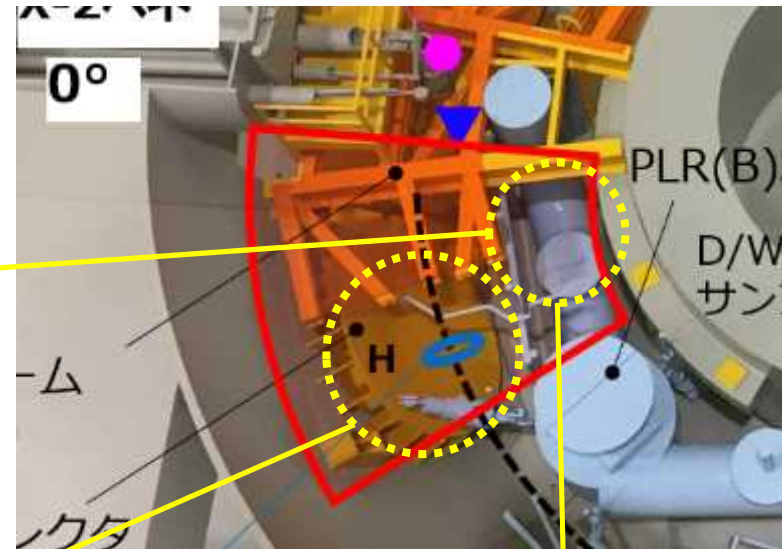


写真2. ジェットデフレクター(H)底部付近の状況



写真3. PLRポンプ(B)入口弁付近の状況

## 4. 調査実績\_3/14調査分② ジェットデフレクタ (H) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)



写真1.ジェットデフレクター(H)裏側の状況①

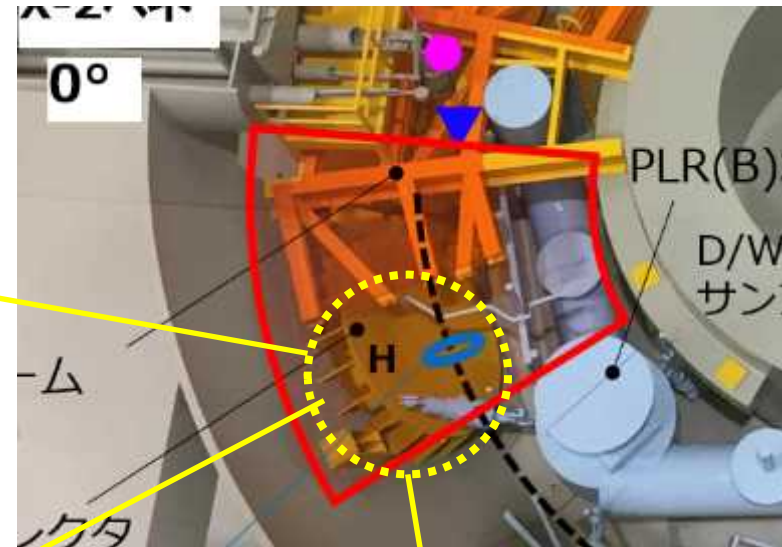


写真2.ジェットデフレクター(H)裏側の状況②



写真3.ジェットデフレクター(H)裏側の状況③

## 4. 調査実績\_3/15調査分① ジェットデフレクター (G) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)



写真1.ジェットデフレクター(G)俯瞰

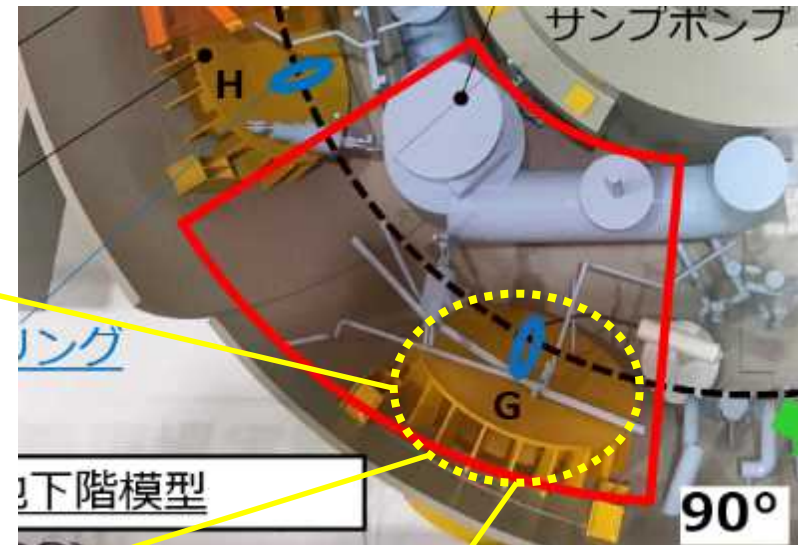


写真2.ジェットデフレクター(G)付近の状況



写真3.ジェットデフレクター(G)裏側の状況



## 4. 調査実績\_3/15調査分② 既設構造物など

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）



写真1. PLRポンプ(B)出口弁付近の状況

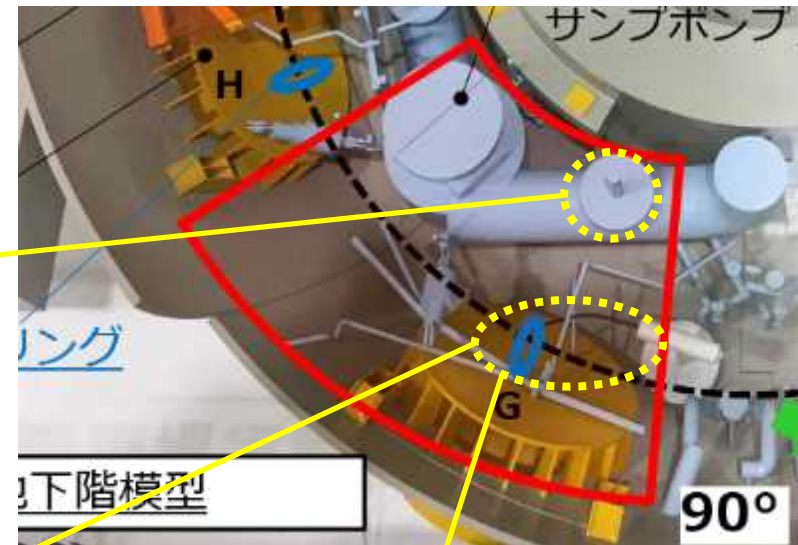


写真2. ジェットデフレクター(G)底部付近の状況①



写真3. ジェットデフレクター(G)底部付近の状況②

### 4. 調査実績\_3/16調査分① ジェットデフレクター (F) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)



写真1.ジェットデフレクター(F)俯瞰

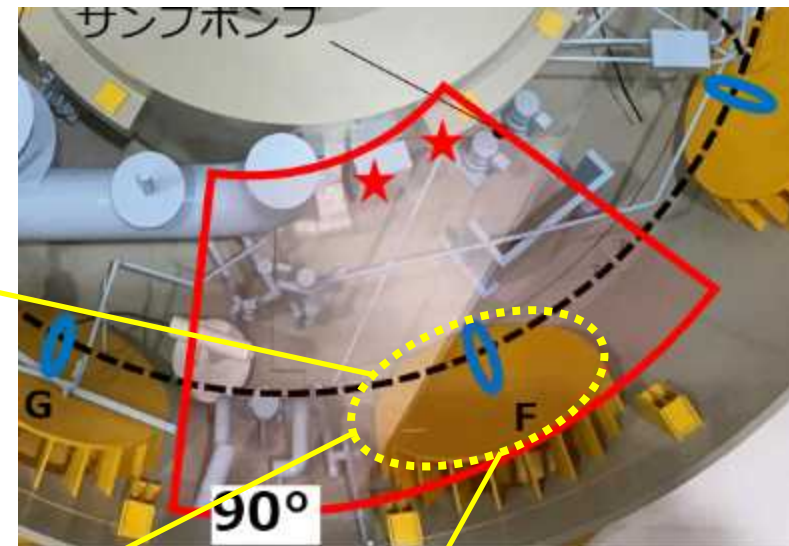


写真2.ジェットデフレクター(F)裏側の状況①



写真3.ジェットデフレクター(F)裏側の状況②

## 4. 調査実績\_3/16調査分② ペDESTAL基部, 底部堆積物など

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)



写真1.ペDESTAL基礎部付近の状況①

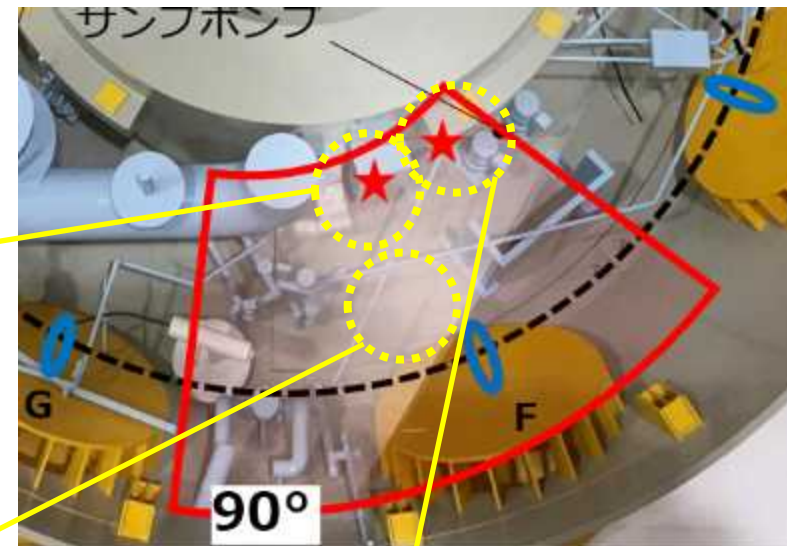


写真2.ジェットデフレクター(F)付近の状況



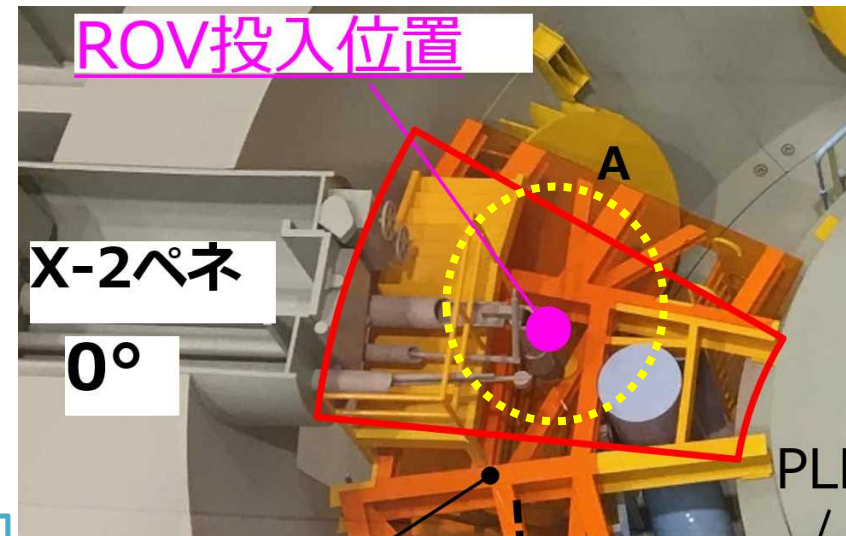
写真3.ペDESTAL基礎部付近の状況②

### 4. 調査実績\_3/28調査分① ジェットデフレクター (A) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)



写真1.ジェットデフレクター(A)俯瞰



ジェットデフレクターの裏面



写真2.ジェットデフレクター(A)付近の状況



写真3.ジェットデフレクター(A)裏側の状況

### 4. 調査実績\_3/28調査分② 既設構造物など

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

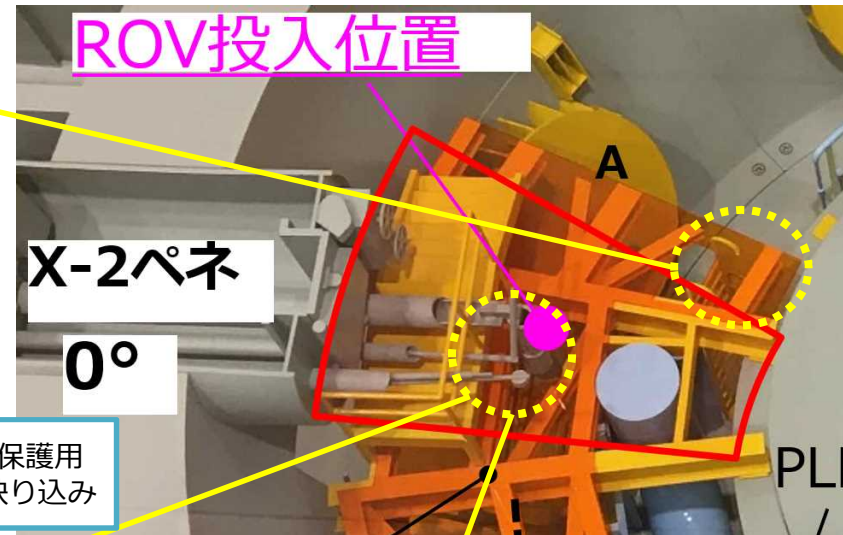


写真1.ペDESTAL外壁に設置されている盤※



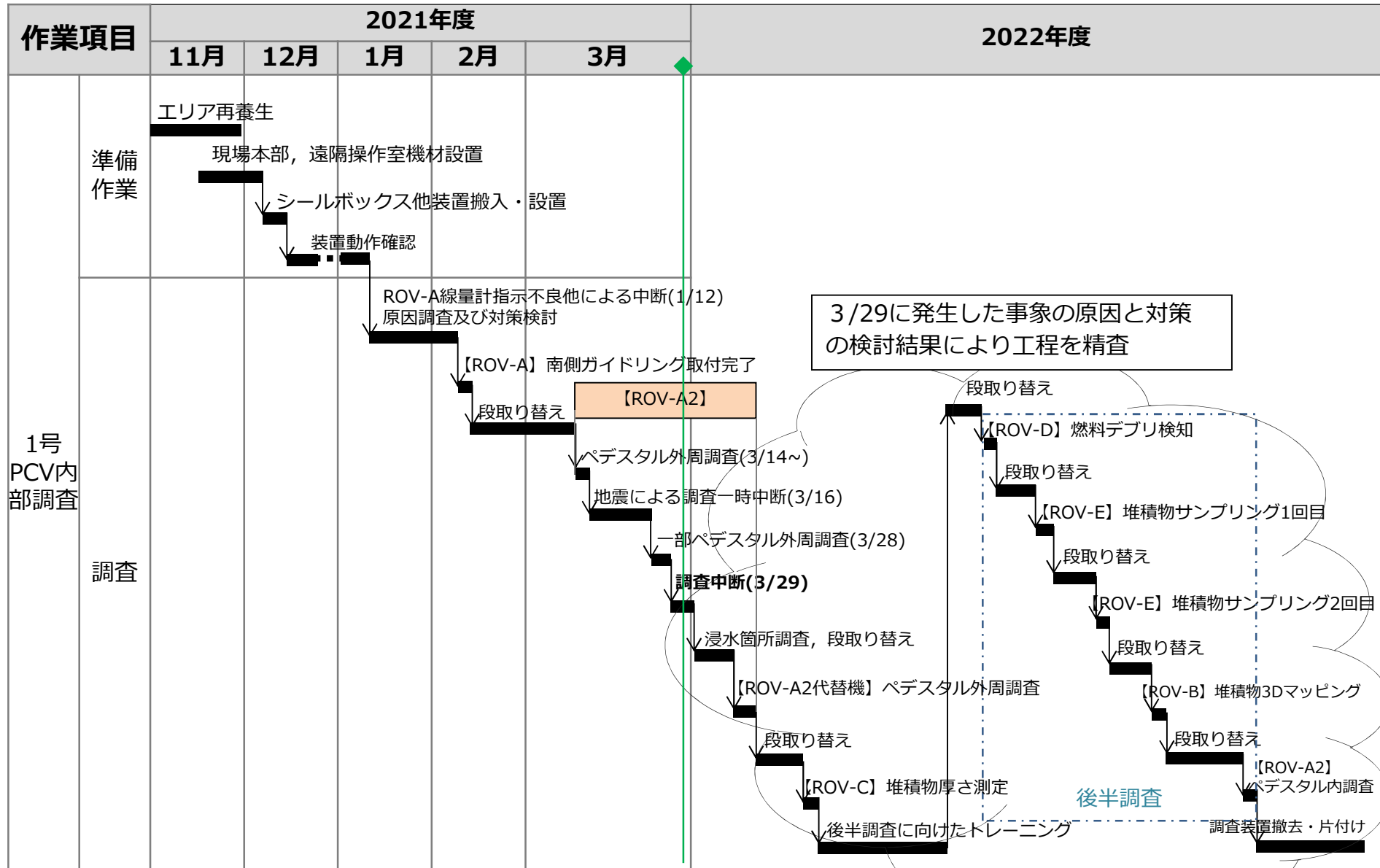
写真2.AC配管貫通部の状況

※2022.4.7 訂正 旧記載：水面からローブ状の干渉物状況



写真3.地震後に確認された水面の汚れ

## 5. 今後の予定



(注) 各作業の実施時期については計画であり、現場作業の進捗状況によって時期は変更の可能性あり。

(参考) 1号機PCV内部調査の作業の様子 (3月14日)



写真1.遠隔操作室における作業の状況

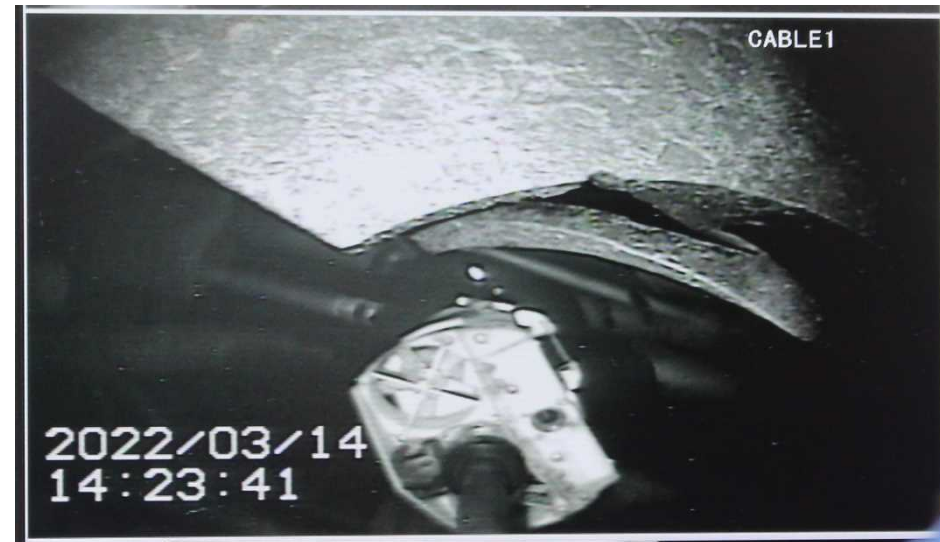


写真2.水中ROVの吊り下ろし状況



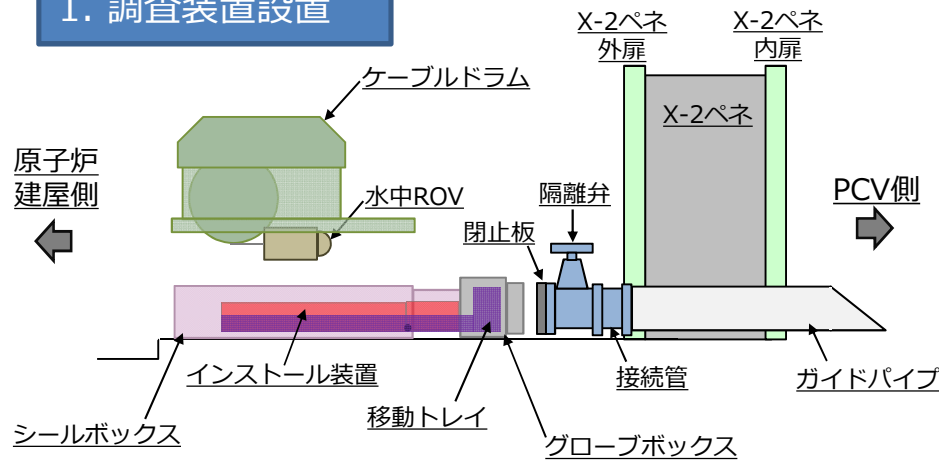
写真3.PCV底部水面への着水時の状況



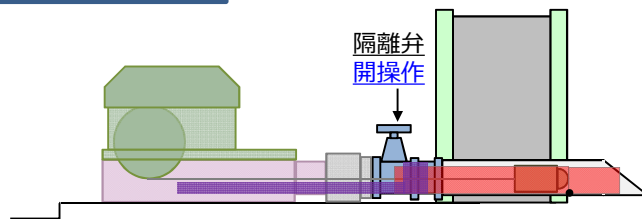
写真4.吊り下ろし地点での状況

## (参考) PCV内部調査の主な作業ステップ

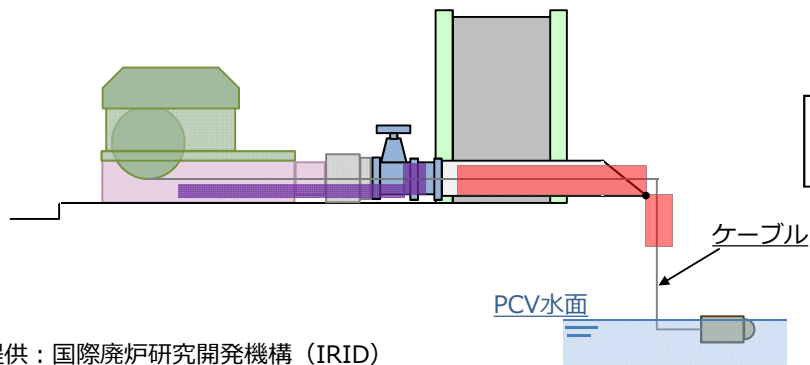
### 1. 調査装置設置



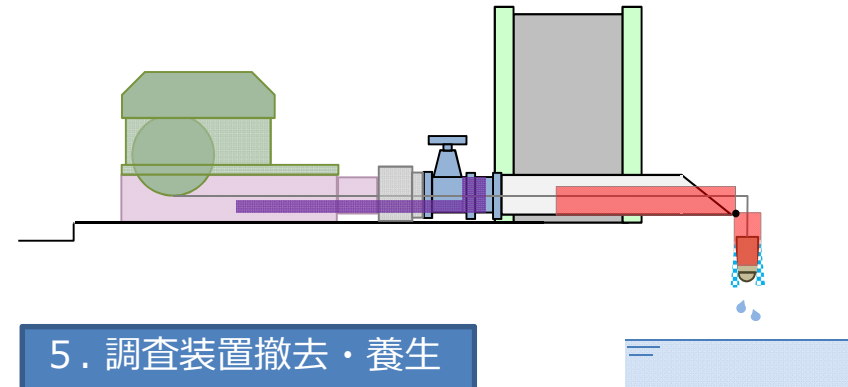
### 2. 水中ROV投入



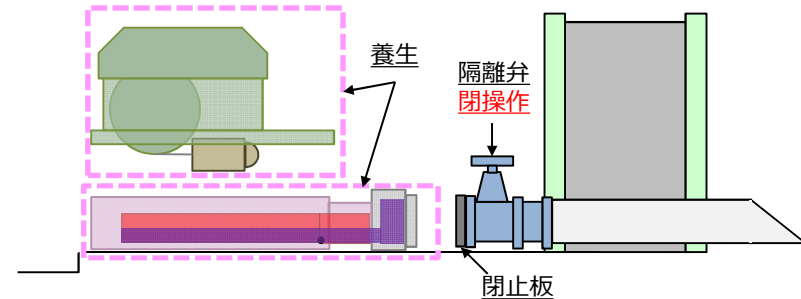
### 3. PCV内部調査



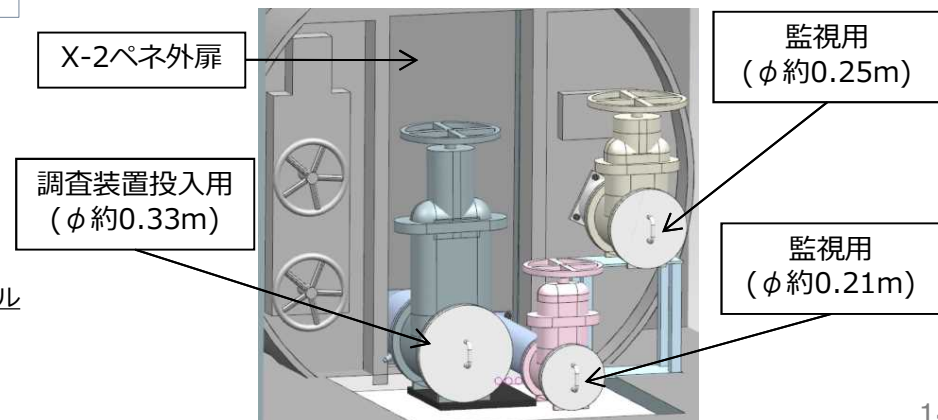
### 4. 水中ROV洗浄, 回収



### 5. 調査装置撤去・養生



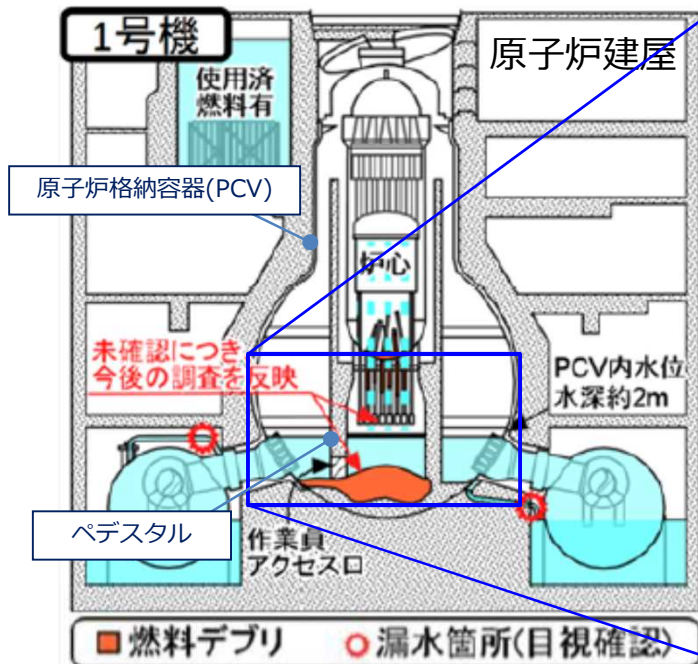
調査装置設置前及び撤去後のイメージ





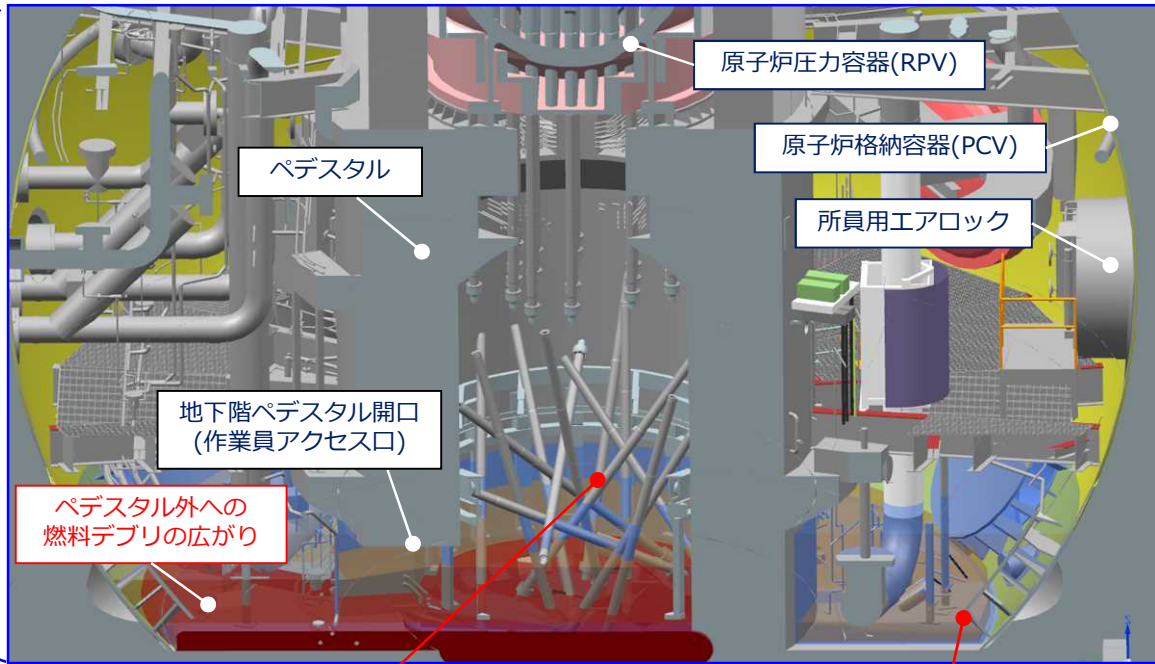
## (参考) PCV内部調査の背景

### 1号機の炉内の状況※1



※1 出典：「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2018」、NDF、2018年10月2日

このままの解析と調査に基づく現状の推定



CRD系の脱落

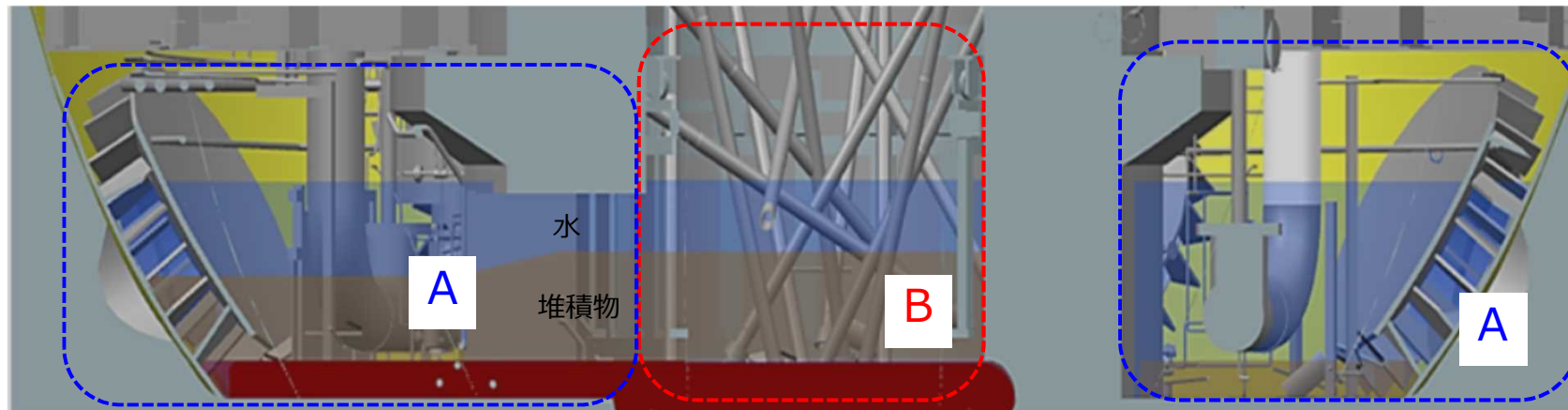
多量の堆積物の存在

### 1号機PCV内部調査の背景

これまでの調査（2017年3月時のペDESTAL外調査）によりPCV地下階には堆積物が存在していることが分かっており、今後の燃料デブリ取り出しに向けて、堆積物を含む地下階の詳細な状況の確認が必要となっている。

## (参考) PCV内部調査の目的

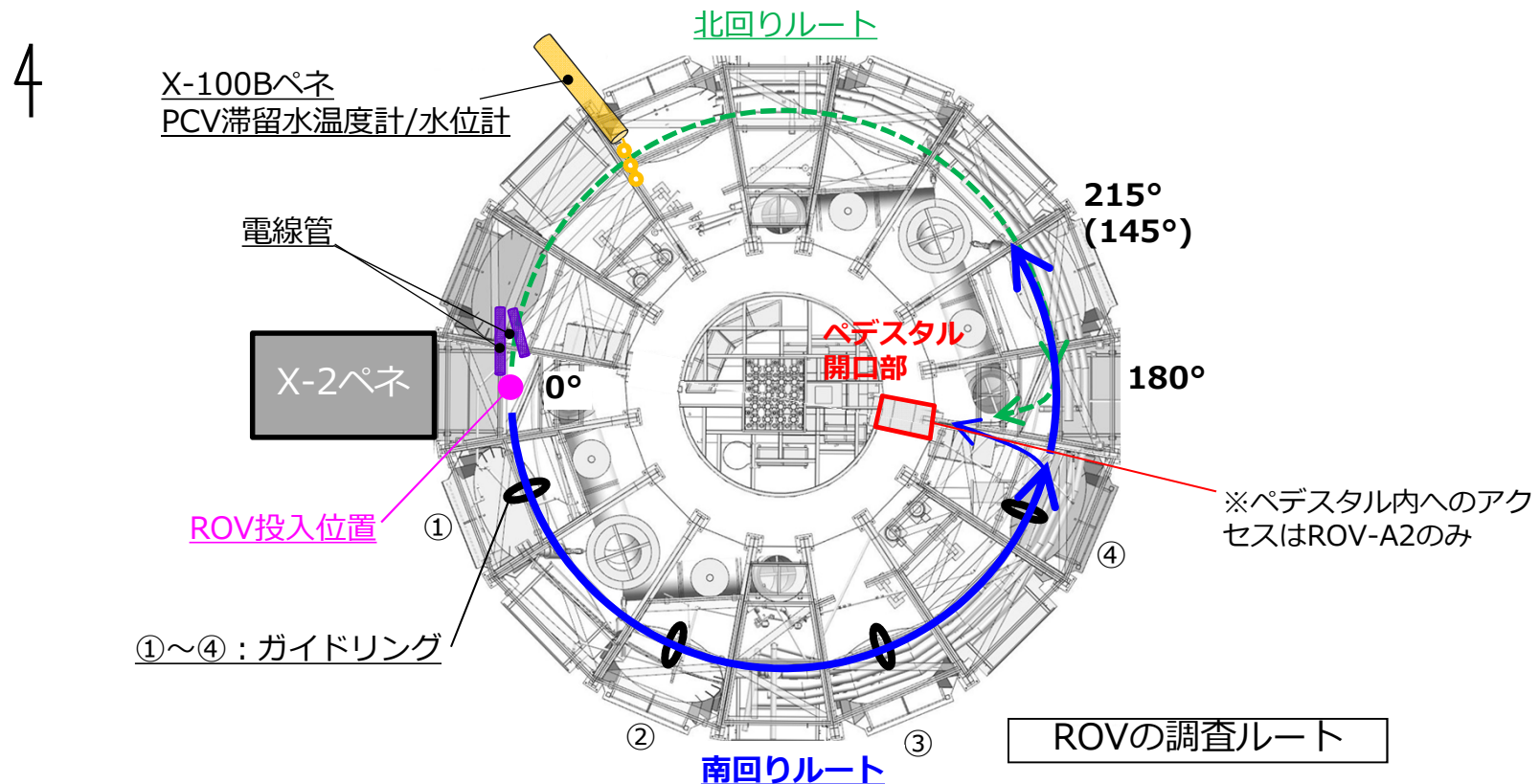
1号機PCV内部調査においては、X-2ペネからPCV内地下階に水中ROVを投入し、ペDESTAL外  
の広範囲とペDESTAL内の調査を行い、堆積物回収手段・設備の検討や堆積物回収、落下物解体  
・撤去などの工事計画に係る情報などの情報収集を目指す



	取得したい情報	調査方法
ペDESTAL外～ 作業員アクセス口 (図中のA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆積物回収手段・設備の検討に係る情報 (堆積物の量, 由来など)</li> <li>・堆積物回収, 落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (堆積物下の状況, 燃料デブリ広がりなど)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測</li> <li>・堆積物サンプリング</li> <li>・カメラによる目視</li> </ul>
ペDESTAL内 (図中のB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆積物回収, 落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (ペDESTAL内部の作業スペースとCRDハウジングの脱 落状況に係る情報)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラによる目視</li> <li>・計測</li> </ul>

## (参考) PCV内部調査の方針

- 北回りルートでのROVケーブル挟まれリスクを回避するため、南回りルート主案とした調査方針とする
- 南回りルートの調査範囲は約0°~215°を目標とし、情報が全て取得できた場合、北回りルートの情報は類推できると判断している
- 南回りルートでペDESTALの侵入ができなかった場合は、北回りルートでペDESTAL内調査(ROV-A2)を実施したいと考えている
- 北回りルートの調査成立性については南回りルート調査に併せて早期に判断する

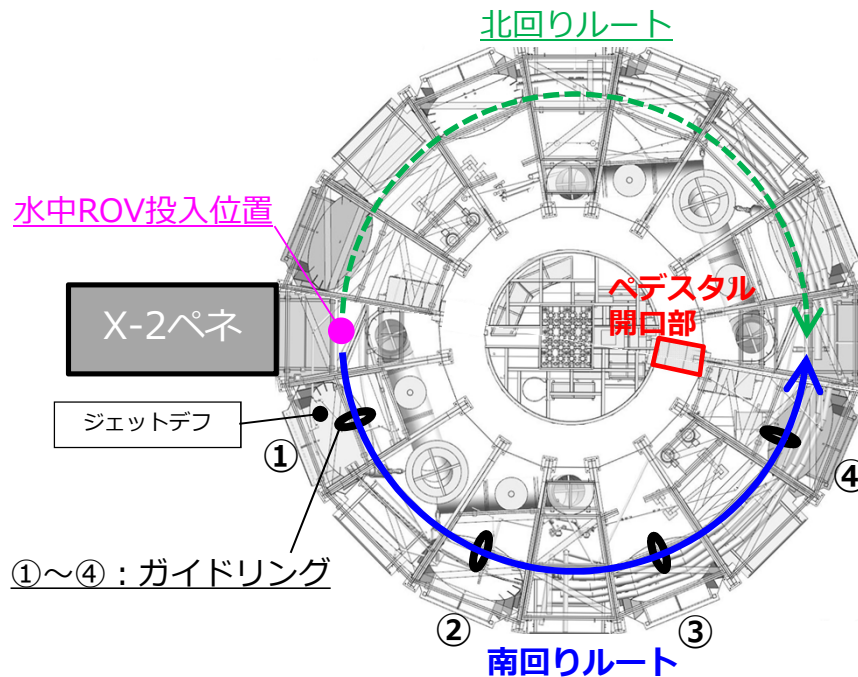
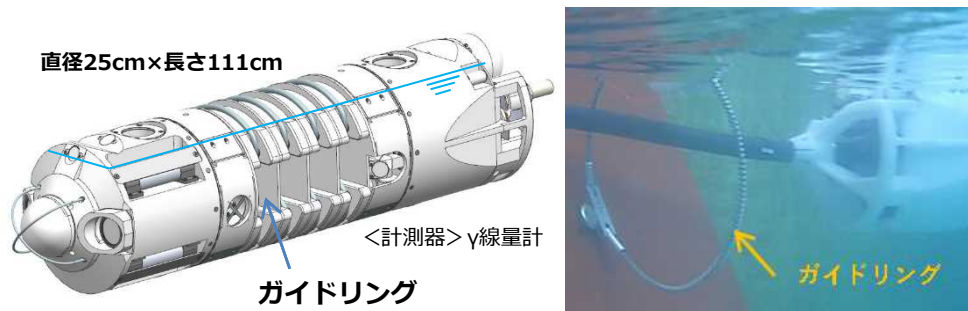


## (参考) 調査装置概要

水中ROVは6種類 (A/A2/B/C/D/E) を準備し、調査を行う5種類(A2/B/C/D/E)とケーブル引掛りの事前対策用のROV-Aがある

### ①ROV-A (ガイドリング取付用)

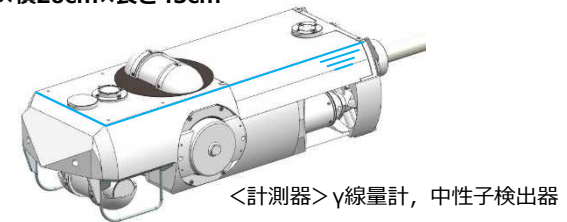
- ・有線型水中ロボットの遊泳機能(スラスタによる推進/旋回/潜航)を阻害する要因は自身の動力・通信ケーブルの構造物等への引掛りが支配的である。
- ・ケーブルがPCV地下階で自由に動いて構造物などに引っ掛からないように、ガイドリング(輪っか)をROVが通過することでケーブルの自由度を制限する。
- ・ROV-Aはガイドリングをジェットデフに取付ける水中ROVである。



### ②ROV-A2 (詳細目視調査用)

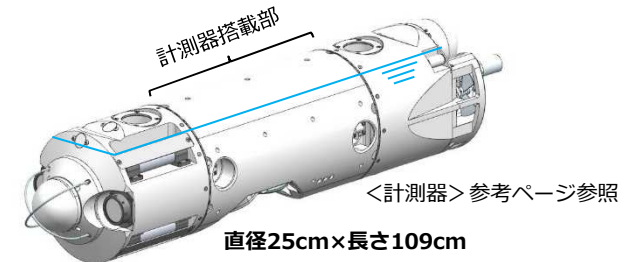
- ・カメラにより映像を取得
- ・6種類のROVの中で唯一ペDESTAL内部に侵入するROV
- ・ペDESTAL開口部の侵入スペースが不明であるため、極力小型化した設計としている

縦17.5cm×横20cm×長さ45cm



### ③ROV-B/C/D/E (各調査用)

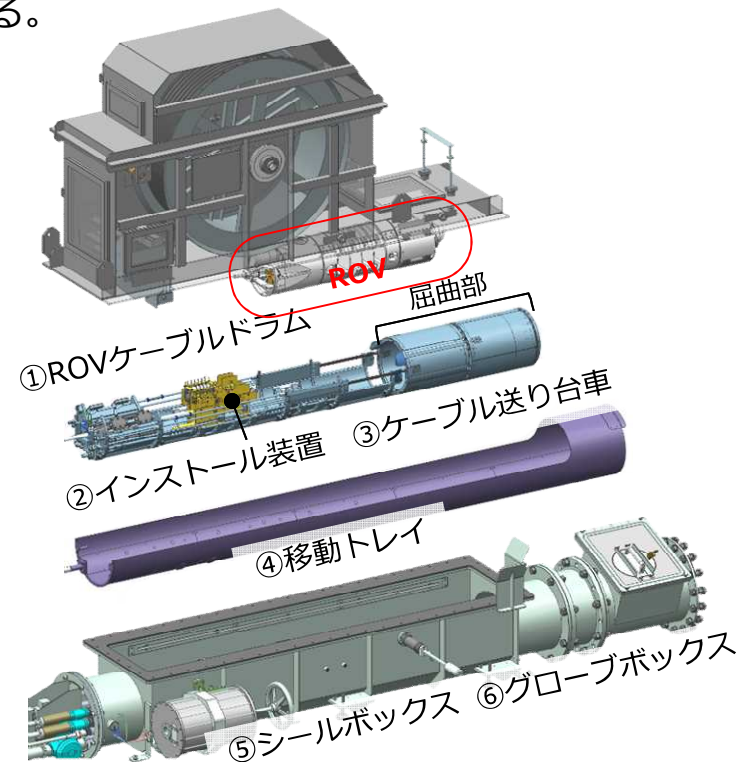
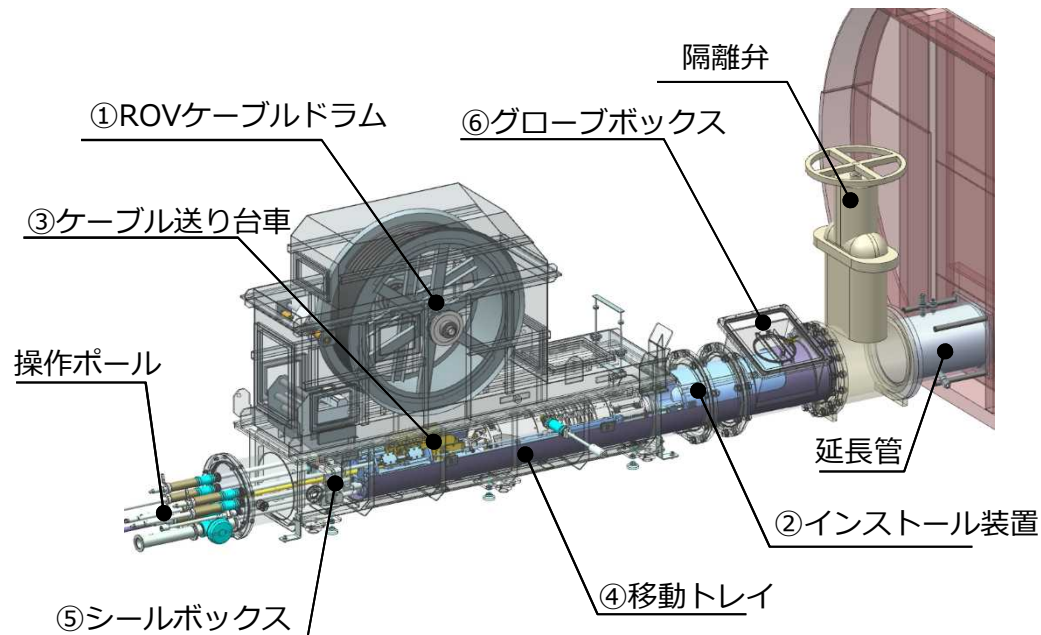
- ・ROV腹部に各調査用センサ類を搭載したROV



ROV	項目	計測方法
B	堆積物3Dマッピング	走査型超音波距離計
C	堆積物厚さ測定	高出力超音波
D	燃料デブリ検知	核種分析/中性子束測定
E	堆積物サンプリング	吸引式サンプリング

## (参考) 調査装置詳細 シールボックス他装置

ROVをPCV内部にインストール/アンインストールする。  
ROVケーブルドラムと組み合わせてPCVバウンダリを構築する。

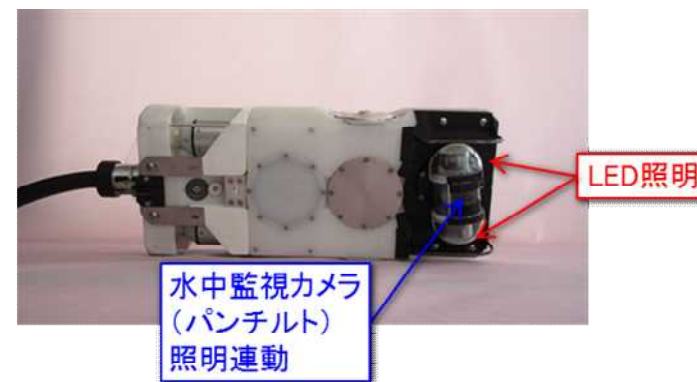
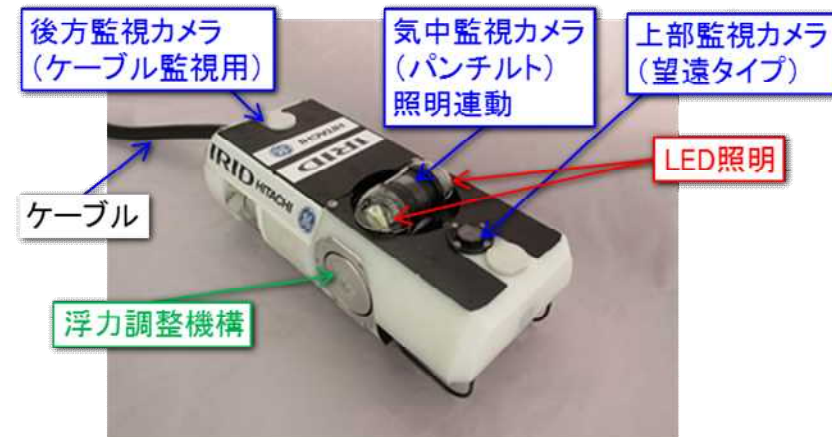
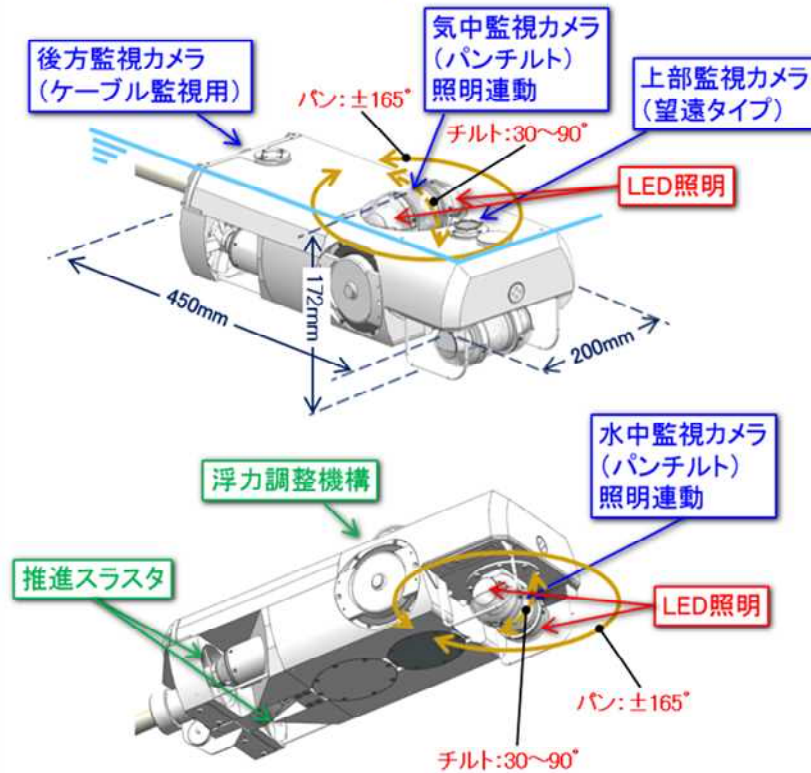


構成機器名称	役割
① ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
② インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③ ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④ 移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤ シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥ グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

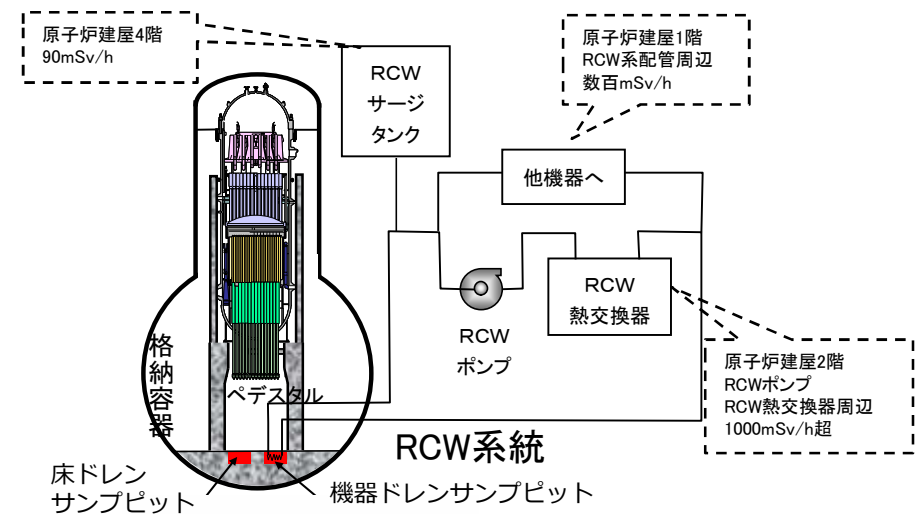
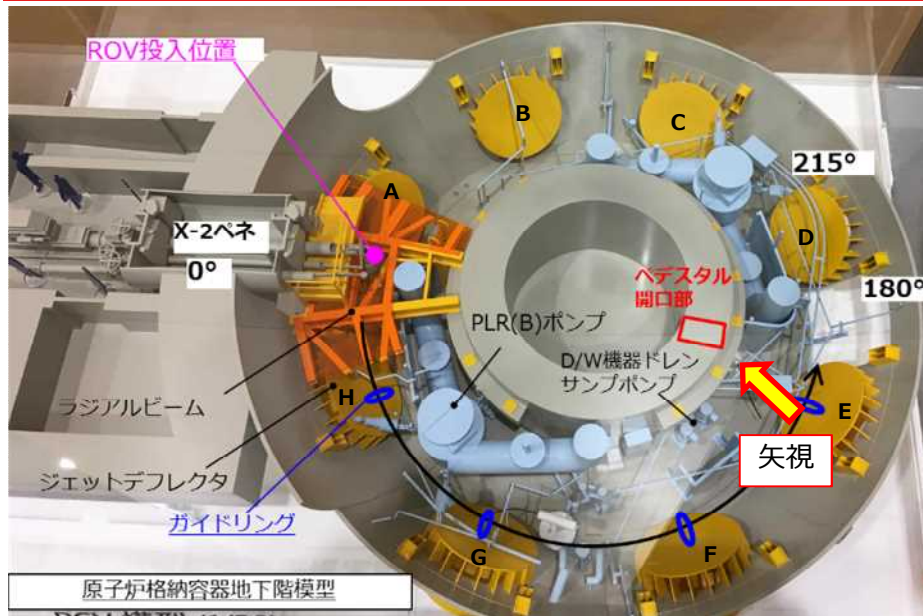
(参考) 調査装置詳細 ROV-A2\_詳細目視調査用

調査装置	計測器	実施内容
ROV-A2 詳細目視	ROV保護用（光ファイバー型γ線量計※，改良型小型B10検出器） ※：ペDESTAL外調査用と同じ	地下階の広範囲とペDESTAL内（※）のCRDハウジングの脱落状況などカメラによる目視調査を行う（※アセスできた場合）
	員数：2台 航続可能時間：約80時間/台	調査のために細かく動くため、柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル(φ23mm)を採用

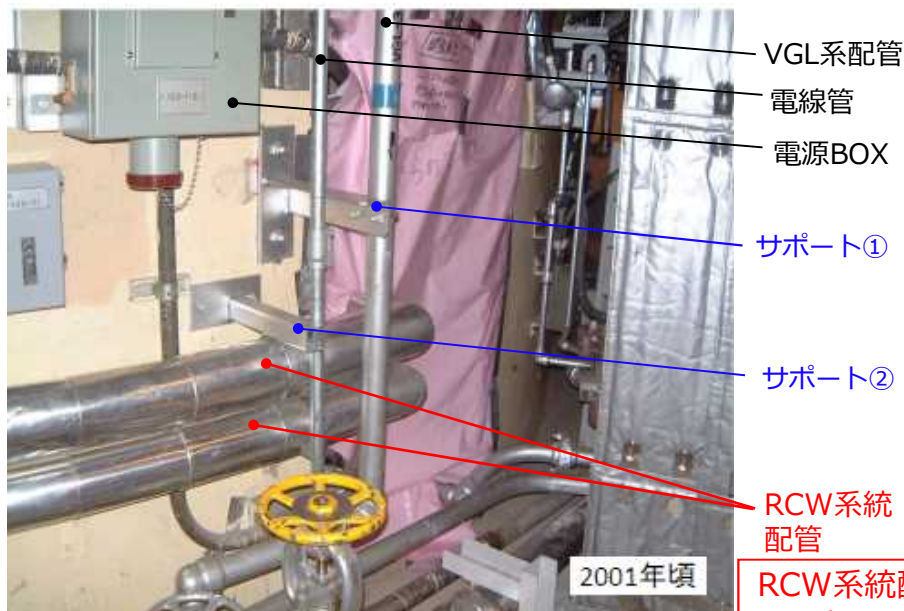
推力：約50N 寸法：直径φ20cm×長さ約45cm



(参考) ペDESTAL開口部付近のRCW系統配管



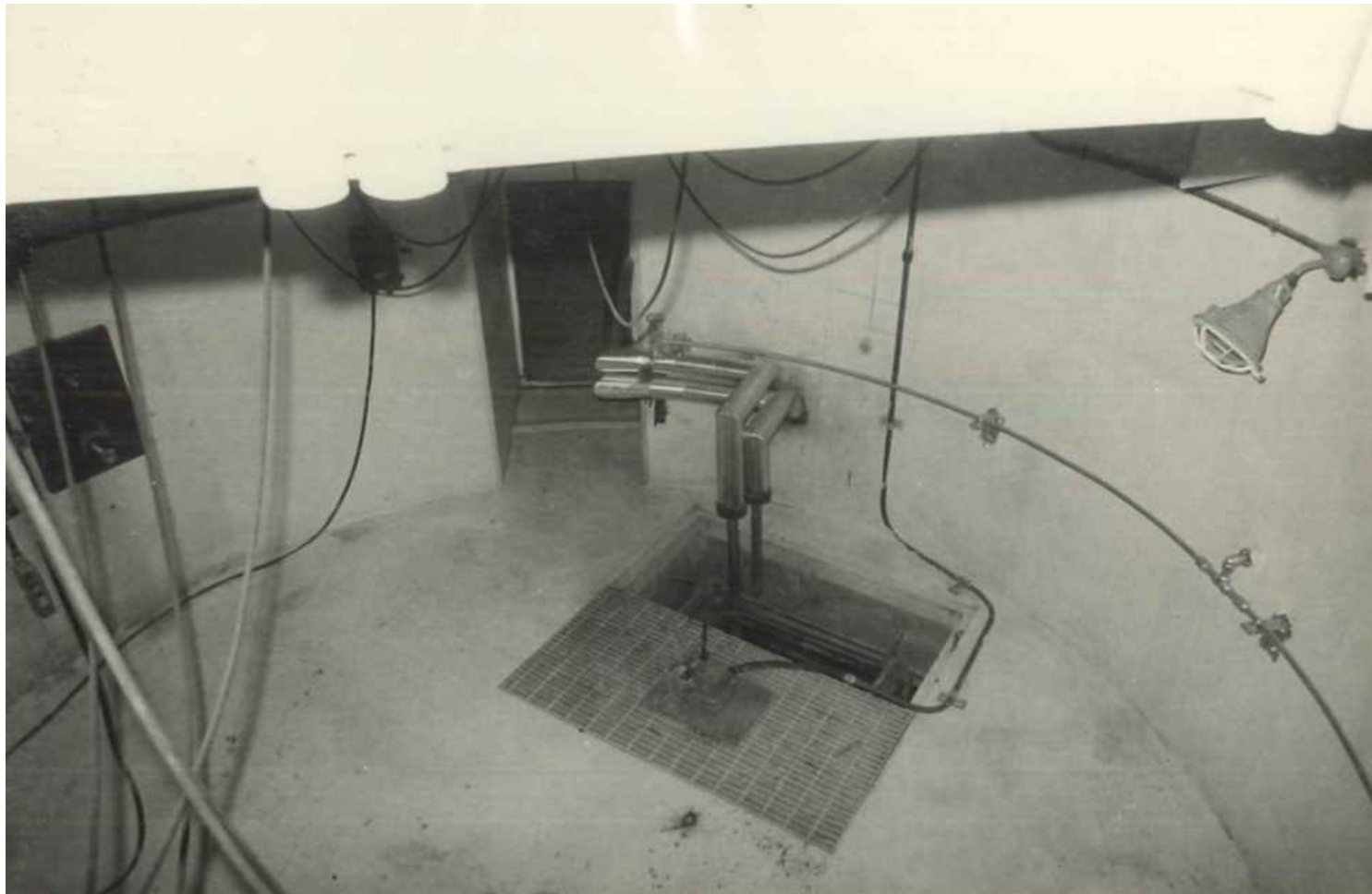
1号機の原子炉建屋内RCW系統にて高汚染を確認  
 ⇒PCV内部でRCW配管が破損したことにより、PCV内部の放射性物質がRCW系統に逆流したと推定していた



事故前のペDESTAL開口部前



RCW系統配管が設置されていたと推定される位置に配管を確認できていない。今後ROV-A2調査時に周辺の状態等を含め確認する予定。





# ベント後に格納容器が負圧になる可能性について

2022年4月26日  
原子力エネルギー協議会

- 第29回「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」（2022年2月28日）では、ATENAから、水素、可燃性ガス、SRV（逃がし弁機能）の不安定動作、インターロックに係る技術課題やそれへの取組状況について説明した。
- 水素については、重大事故よりも厳しい条件の中、プラント状態や使用可能な機器を特定することが困難な前提において、水素対応策（下記）の特徴を比較・検討するために、それぞれの課題を、まずは抜けなく抽出することが重要と考えた。

水素対応戦略	具体的な水素対策（案）
水素発生抑制	ATF
建屋への水素漏えい防止・抑制	早期格納容器ベント
建屋内の水素処理	PAR
原子炉建屋からの水素排気	強制排気；SGTS、HVAC 自然排気；ブローアウトパネル・建屋ベント

- 「建屋への水素漏えい防止・抑制」に対する具体的な対策案である「早期格納容器ベント」については、「短半減期の希ガス放出」と「ベント後に格納容器が負圧になる可能性」の二つを既往の知見から課題として整理した。
- 「ベント後に格納容器が負圧になる可能性」の技術ベースは以下のとおり。
  - ・ ベント実施により、格納容器内の非凝縮性ガス（水素、窒素）が水蒸気とともに放出される。
  - ・ ベント後の格納容器内雰囲気は、圧力が低下した状態の、主に水蒸気と非凝縮性ガスの混合気体。
  - ・ この状態での格納容器内へのスプレー・注水や格納容器からの除熱の実施は、水蒸気の凝縮に繋がり、格納容器負圧をもたらす可能性がある。
- このため、事業者が整備したアクシデントマネジメントガイドにおいては、格納容器ベント操作と同時に格納容器負圧抑制操作を実行すること等を規定している。
- なお、海外文献（EPRI等）においても、格納容器ベント後の格納容器スプレーは格納容器負圧の原因になり得ることを考慮する必要がある等の指摘がなされている。